

RESUMEN

Es de todos conocido el avance realizado en estos últimos años en el campo de los materiales, más concretamente en la creación de nuevos materiales. En el ámbito de los metales se suelen realizar mezclas entre ellos en diferentes proporciones, mientras que en el mundo de los polímeros se refuerzan los ya existentes con diferentes tipos de fibra. En ambos casos se busca la mejora de algunas propiedades en concreto para un idóneo comportamiento de la pieza en la función que tenga que desempeñar.

Por otro lado es esencial tener en cuenta dos aspectos fundamentales en cualquier proyecto como son el económico y el medioambiental. En el caso de lograr una reducción de coste por panel-puerta supondría un gran impacto económico positivo en la totalidad de la producción, lo que supondría un gran ahorro para la compañía, especialmente necesario ahora en tiempos de crisis. Sucedería de igual manera en el apartado de medio ambiente, si se lograra una disminución del impacto medioambiental del ciclo de vida de un panel puerta. Esto podría lograrse mediante la elección de materiales menos contaminantes y más ligeros con el objetivo de reducir el consumo de gasolina y, por tanto, de emisiones. Esto sería conveniente con vistas al cumplimiento de futuras normativas medioambientales previstas.

Teniendo muy presente lo anteriormente comentado se lleva a cabo el presente proyecto. En él se estudia, utilizando el programa Catia v5, mediante elementos finitos los esfuerzos que han de soportar cada pieza del panel-puerta del nuevo Seat León (SE370). Las fuerzas a las que se verán expuestas cada una de las piezas durante su vida útil vienen determinadas en el “Cuaderno de cargas” (recopilación de fuerzas que ha de resistir cada pieza para asegurar su buen funcionamiento. Está elaborado por el departamento de experimentación). Una vez determinadas las tensiones máximas que puedan soportar y las deformaciones máximas permitidas se procede a la elección de materiales utilizando el método de Ashby. Para ello se utiliza el programa “CES Edupack 2012”.

Los resultados muestran un cambio de material en más del 50% de las piezas logrando así una reducción de coste y peso en el vehículo. Por último se determina la producción mínima de coches que amortizaría la inversión inicial en nuevos moldes y viabilizaría la ejecución del presente proyecto.

1. GLOSARIO.....	5
2. INTRODUCCIÓN.....	7
2.1 OBJETIVOS	7
2.2 ALCANCE.....	7
3. ESTUDIO DEL ENTORNO.....	9
3.1. NOMENCLATURA	9
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA PUERTA	11
3.2.1 <i>Revestimiento externo</i>	12
3.2.2 <i>Mecanismos</i>	14
3.2.3 <i>Revestimiento interno</i>	20
3.3 ARQUITECTURA DE LA PUERTA	22
3.3.1 <i>Arquitectura antigua</i>	23
3.3.2 <i>Arquitectura convencional</i>	24
3.3.3 <i>Arquitectura AGT</i>	25
3.3.4 <i>Arquitectura DTM (Door Trim Module)</i>	26
3.4 VARIANTES EN LAS PUERTAS	27
3.5 MATERIALES EMPLEADOS EN EL PANEL-PUERTA.....	29
3.6.1 <i>Seat León (SE370)</i>	34
3.6.2 <i>Audi A3 (AU373)</i>	35
3.6.3 <i>Volkswagen Golf (VW370)</i>	36
3.6.4 <i>Volkswagen Scirocco</i>	37
3.6.5 <i>Skoda Octavia</i>	38
3.6.6 <i>Opel Astra Cosmo</i>	39
3.6.7 <i>Renault Megane</i>	40
3.6.8 <i>Ford Focus Trend</i>	41
3.6.9 <i>Peugeot 308</i>	42
3.6.10 <i>Toyota Auris D-CAT</i>	43
4. ESTUDIO DEL PANEL PUERTA DEL SE370.....	44
4.1 FIJACIONES	44
4.2 PESO	49
4.3 MATERIALES.....	53
4.3.1 <i>Forrados</i>	58
4.4 CROMADOS Y PINTADOS.....	59
4.4.1 <i>Cromado</i>	59
4.4.2 <i>Pintado</i>	61
4.5 NÚMERO DE PIEZAS.....	61
4.6 RECICLABILIDAD	63
4.6.1 <i>Tipos de reciclaje</i>	65
4.7 MODOS DE FABRICACIÓN	67
4.8 CONFORT	68
5. SELECCIÓN DE MATERIALES PARA EL PANEL PUERTA DEL SE370.....	73
5.1 SELECCIÓN DE MATERIALES CUMPLIENDO CON EL CUADERNO DE CARGAS DEL PANEL PUERTA.....	74
5.1.1 <i>Cintura</i>	79
5.1.2 <i>Apoyabrazos-Asidero</i>	91

5.1.3 Cuerpo-Panel.....	102
5.1.4 Manecilla	109
5.1.5 Medallón	117
5.2 HOJA DE CONTROL	123
5.2.1 Cintura	124
5.2.2 Cuerpo-panel	124
5.3 CASOS PARTICULARES	126
5.3.1 “Padding”	127
5.3.2 Fondo-Bolsa.....	130
5.3.3 Distancial altavoz	133
5.3.4 Listón lamelunas	133
5.3.5 Tapa fijación	134
5.3.6 Tapa tweeter.....	135
5.3.7 Triángulo interior posterior.....	135
5.4 TABLA RESUMEN DE MATERIALES Y PROPIEDADES.....	137
5.5 VARIACIÓN DE PESO EN PUERTA ANTERIOR	139
5.6 VARIACIÓN DE COSTE EN PUERTA ANTERIOR.....	140
5.7 VARIACIÓN DE PESO EN PUERTA POSTERIOR.....	141
5.8 VARIACIÓN DE COSTE EN PUERTA POSTERIOR	142
6. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL	143
7. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	156
CONCLUSIONES.....	161
AGRADECIMIENTOS.....	162
BIBLIOGRAFÍA.....	163
ANEXO A. DIRECTIVA EUROPEA RELATIVA A LA HOMOLOGACIÓN DE TIPO DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL RECICLAJE 2005/64/CE.....	164
ANEXO B. INFORMACIÓN SOBRE EL PROGRAMA EUP ECO-PROFILER	166
ANEXO C. DEFINICIÓN DE HÁPTICA Y MÉTODOS PARA CUANTIFICARLA	169
ANEXO D. PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS UTILIZADOS EN EL PANEL-PUERTA ACTUAL .	174
D.1. Acrilonitrilo Butadieno Estireno (●ABS).....	174
D.2 Polipropileno con una carga de 16% de talco.....	176
D.3 Polipropileno de alta cristalinidad	177
D.4 Poliamida con una carga de 30% de fibra de vidrio	178
D.5 Acrilonitrilo-butadieno-estireno más policarbonato (ABS-PC)	180
D.6 Acrilonitrilo-butadieno-estireno (●ABS)	182
D.7 Acrilonitrilo-estireno-acrilato (ASA-PC).....	184
D.8 Poliuretano (PUR)	186
D.9 Folio de PVC espumado.....	187
ANEXO E. CARACTERIZACIÓN DE LOS PANELES PUERTAS EN CES EDUPACK 2012.....	188
ANEXO F. DATOS DE CÁLCULO MEDIOAMBIENTAL DE CES EDUPACK 2012	192
ANEXO G. CARACTERIZACIÓN DE LOS PANELES PUERTAS EN EUP ECOPROFILER	194

1. Glosario

ABS: Acrilonitrilo-butadieno-estireno

PC: Policarbonato

PP: Polipropileno

HCPP: Polipropileno de alta cristalinidad

EPDM: Terpolímero de etileno-propileno

PA: Poliamida

POM: Polioximetileno poliformaldehído poliacetal

PU: Poliuretano

EPP: Espuma de Polipropileno

ASA: Acrilonitrilo-estireno-acrilato

IMD: Decoración en molde

PES: Poliéter sulfona

TPO: Olefinas termoplásticas

PVC: Policloruro de vinilo

EPR: Goma de etileno-polipropileno

PA MD40: Poliamida con un 40% de carga mineral

PA GF25: Poliamida con un 25% de fibra de vidrio

PP/PE T20: Mezcla de polipropileno y polietileno con un 20% de carga de talco

PP MD: Polipropileno con carga mineral

WS PP: Fibras de madera aglutinadas con resina de polipropileno

WD90 PF: 90% de fibras/harina de madera conglomeradas

NF PP: Fibras naturales aglomeradas con resina de polipropileno

MLB: Posición longitudinal del motor

MQB: Posición transversal del motor

CTS: Centro Técnico de Seat

PFC: Proyecto Final de Carrera

I+D: Investigación y Desarrollo

ISO: International Standardization Organization

ACV: Análisis del Ciclo de Vida

MEEuP: Methodology Study Eco-design of Energy-using Products

CEMAS: Centre d'Évaluation des Microtechniques pour l'Analyse Sensorielle

Prueba de crash: son ensayos en los que se simulan accidentes reales haciendo impactar un coche contra una barrera o una viga. Principalmente se practican pruebas de choque frontal, choque lateral y choque contra peatones.

“Dummy”: es un maniquí que simula una persona real que se utilizan en los ensayos de crash. Suelen ir provistos de sensores en orden a calcular las fuerzas que soportaría el ocupante del vehículo en caso de colisión.

Cuaderno de cargas: es el compendio de solicitudes mecánicas, climáticas, montaje/desmontaje,... de necesario cumplimiento para homologar una pieza.

EuroNCAP: (European New Car Assessment Programme, "Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos") es un programa de seguridad para automóviles apoyado por varios gobiernos europeos, muchos fabricantes importantes y organizaciones relacionadas con el sector automoción de todo el mundo.

Coliso: se trata de un agujero con forma alargada que permite el ajuste para los elementos de fijación.

Sonotrodo: Elemento de un transmisor de sonidos en contacto directo con la zona de la pieza a calentar a la cual le transmite oscilaciones ultrasónicas.

Benchmarking: comparativa de algún aspecto o elemento en concreto con la competencia directa para saber dónde está situado en el mercado y buscar mejoras.

Consorcio: se trata de las cuatro empresas de coches que son propiedad del grupo Volkswagen a saber: Audi, Volkswagen, Seat y Skoda.

2. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto nace, por una parte de la necesidad de Seat de mantenerse siempre competitivo en el precio de los productos ofertados, y por otra para mantener el compromiso con el medio ambiente a la hora de rebajar el consumo de energías no renovables y la disminución del impacto ambiental de sus productos.

2.1 Objetivos

Los objetivos del proyecto consisten en cuantificar tanto el ahorro económico como su reducción de peso por unidad de panel-puerta. Para ello se ha de localizar que zonas del panel pueden ser mejoradas, y para finalizar, determinar la producción mínima que haría rentable el proyecto.

Para la consecución de dichos objetivos se necesita lo siguiente:

- Conocimiento de todas las piezas del panel-puerta y su función.
- Conocimiento de las interacciones del resto de piezas de la puerta con el panel.
- Conocimiento de la arquitectura de puerta del SE370.
- Estudio de los materiales utilizados en el panel-puerta por la competencia.
- Análisis de todos los aspectos mejorables del panel-puerta.
- Conocimiento de las fuerzas que han de soportar las piezas por tal de que el departamento de experimentación valide la pieza.
- Estudio de las tensiones y deformaciones que habrá de soportar cada pieza.
- Selección de materiales que cumplan los requisitos mecánicos y que disminuyan el peso y el precio.
- Estudio de la variación del impacto ambiental producido por el proyecto
- Estudio de la producción mínima que haría viable la ejecución del proyecto.

2.2 Alcance

Los trabajos llevados a cabo en este proyecto son los siguientes:

- Enumeración y descripción del funcionamiento de todas las piezas de la puerta.
- Enumeración y descripción de los diferentes tipos de arquitectura de la puerta.
- Elaboración de fichas comparativas de materiales empleados en el panel puerta del SE370 y de nueve modelos de la competencia.
- Enumeración de los posibles aspectos que se pueden mejorar en la puerta, análisis de los mismos y justificación de los aspectos que se pueden mejorar elegidos.
- Estudio por elementos finitos de las tensiones y deformaciones soportadas por las piezas una vez sometidas a las fuerzas correspondientes.
- Selección del material adecuado para cada pieza entre los que cumplen los requisitos mecánicos.
- Elaboración de tabla resumen con los ahorros en peso y precio para puerta anterior y posterior.
- Elaboración de análisis medioambiental.
- Elaboración de análisis económico y cálculo de producción mínima para viabilizar el proyecto.

3. ESTUDIO DEL ENTORNO

3.1. Nomenclatura

Todo vehículo está formado por multitud de elementos, pero a grandes rasgos podemos dividirlo en dos partes básicas: La plataforma y el sombrero (figura 3.1).

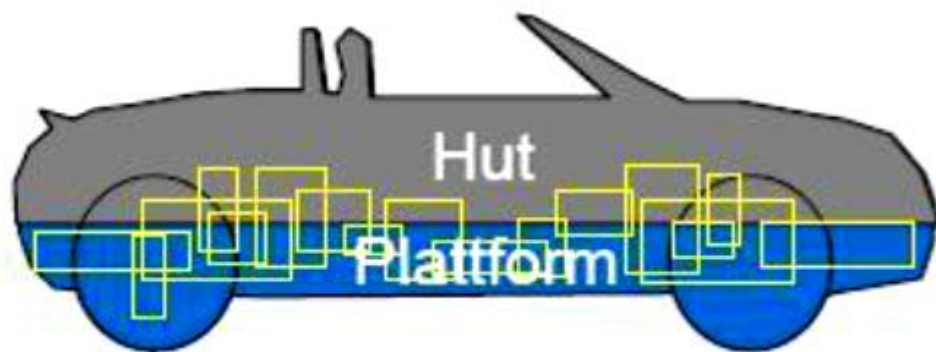


Figura 3.1: Partes fundamentales de un coche

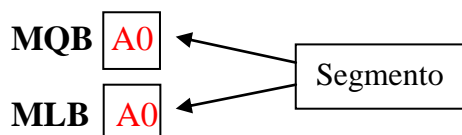
La plataforma es el conjunto de piezas de un coche que se diseñan conjuntamente entre varias marcas para utilizarlas en la fabricación de distintos modelos. Suele ser la parte inferior del coche (ejes, amortiguación, frenos, suelo del coche,...).

El sombrero es el conjunto de piezas que están diseñadas específicamente para cada modelo. Es la parte que proporciona la estética exterior propia de cada marca. Suele ser la parte superior del coche (puertas, techo, lunas, asientos, panel central,...).

Antiguamente cada plataforma tenía una sola configuración para cada segmento. El número se refiere al modelo que monta esta plataforma (nomenclatura interna de SEAT).

➤ Ejemplo: **PQ** 35 ← Modelo ; **PQ** = Platform Quer
3 = segmento
5 = generación

Actualmente la plataforma esta dividida en módulos de tal manera que para cada modelo se pueden configurar plataformas diferentes. Además se diferencian con la posición del motor (MLB = posición longitudinal, MQB = posición transversal) y el segmento al que pertenece.



, **MQB** = Modularer Querbaukasten

, **MLB** = Modularer Längsbaukasten

Se presenta en la tabla 3.1 una enumeración de modelos de diferentes marcas dentro del consorcio diferenciando por segmento.

Segmento\Marca	Volkswagen	Audi	Seat	Skoda
D	Phaeton	A8		
C	Toureg	A6/A7		
B	Passat	A4/A5	Exeo	Superb
A	Golf/Scirocco	A3	León	Octavia
A0	Polo	A1	Ibiza	Fabia
A00	Up		Mii	Citigo

Tabla 3.1: Recopilación de coches del consorcio diferenciado por segmentos

Se muestra en la figura 3.2 las imágenes de los modelos anteriormente mencionados de cada segmento en las 4 principales marcas del consorcio.



Figura 3.2: Recopilación de coches del consorcio diferenciado por segmentos

3.2. Descripción de la puerta

Se entiende como puerta la totalidad de elementos que conforman la pieza móvil que va unida mediante bisagras a la carrocería y permite la entrada y salida de personas y/u objetos del vehículo. Cuando está cerrada ha de garantizar una estanqueidad total al agua y al polvo así como evitar que cuando el coche circula a altas velocidades el aire genere excesivo ruido al interaccionar con las puertas. Las puertas delanteras se denominan anteriores y las traseras posteriores.

Se trata de una parte fundamental de cualquier vehículo en lo que se refiere al diseño exterior e interior del mismo, ya que, representa un porcentaje significativo de la superficie tanto exterior como interior del vehículo. También es una pieza que ha de garantizar la seguridad de los ocupantes frente a un choque lateral. En la parte interna, además de un buen diseño, se ha de tener en cuenta la confortabilidad de los ocupantes así como la ergonomía.

Como se puede observar, se trata de una pieza muy compleja y es por eso que para su desarrollo, en SEAT, se divide la puerta en tres partes diferenciadas y se asigna cada una de ellas a un departamento diferente.

Las tres partes de conforman la puerta son: revestimiento externo, mecanismos y revestimiento interno (panel puerta).

3.2.1 Revestimiento externo

Es la zona exterior de la puerta (figura 3.3). Suele estar conformada en su totalidad por acero y está compuesta por la zona más externa (chapa) y la zona interna (armazón).

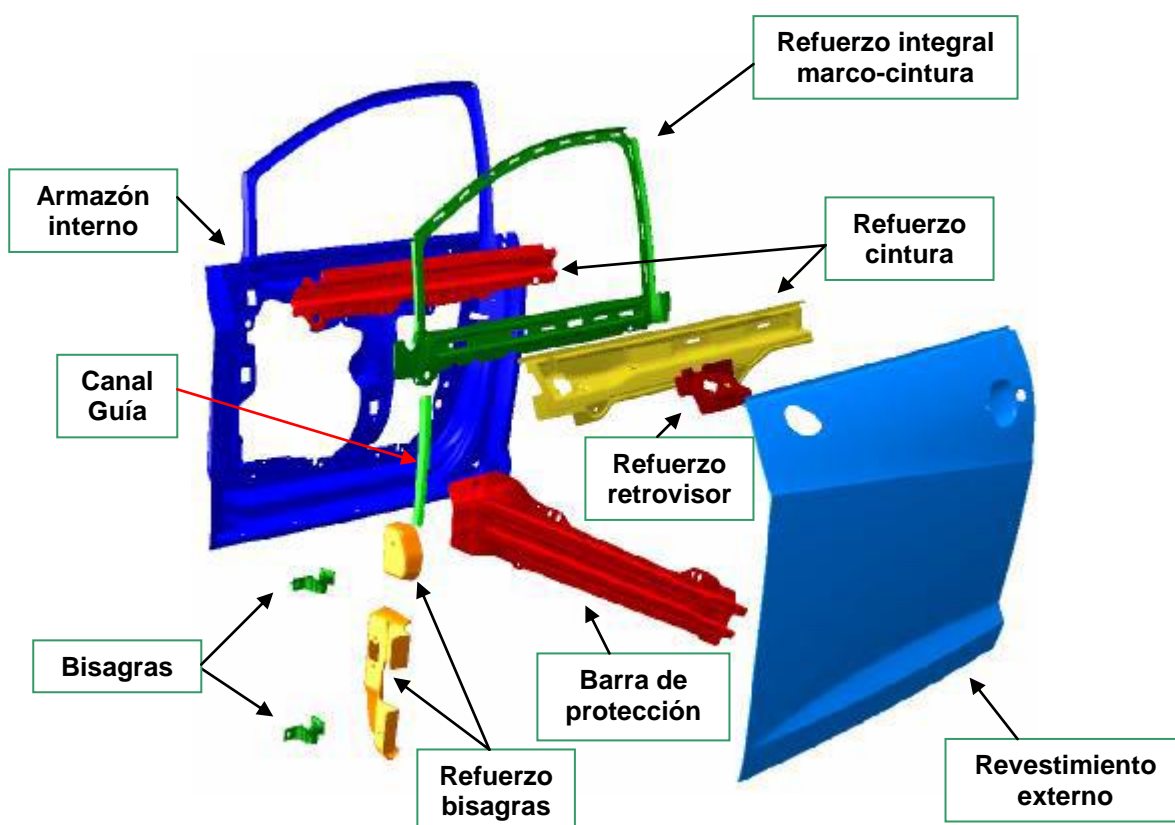


Figura 3.3: Explosionado de los elementos del revestimiento exterior de la puerta

Armazón interno: es la pieza más interior del armazón. Es donde van collados algunos elementos móviles en la arquitectura de puerta DTM (explicado más adelante).

Refuerzo cintura: consta de dos piezas (exterior e interior) y sirve para darle rigidez a la zona de la cintura. Esta rigidez es necesaria, en primer lugar, para garantizar la seguridad del ocupante a la hora de un impacto lateral y, en segundo lugar, para garantizar la no deformación y el espacio necesario para que el cristal pueda subir y bajar sin que se produzcan roces o interferencias con la carrocería.

Refuerzo integral

marco-cintura: se trata de la pieza que da consistencia a la zona del marco de la puerta. Es la zona con menos masa y por tanto la más débil, con lo que, se precisa de este refuerzo además de una pretensión (deformando el marco unos mm. dirección al habitáculo) para garantizar la estanqueidad al cerrar la puerta.

Refuerzo

retrovisor: es la pieza encargada de dar consistencia a la unión del retrovisor con la puerta.

Barra de

protección: se trata de la pieza principal que garantiza la no intrusión de ningún elemento exterior ni de la misma puerta dentro del habitáculo en caso de colisión lateral. Es una pieza de acero soldada al armazón interior.

Refuerzo bisagras: consta de dos piezas (superior e inferior) y están unidas a la carrocería. Proporcionan rigidez a la zona donde se apoyarán las bisagras.

Bisagras: se trata de dos piezas (superior e inferior) que han de soportar todo el peso de la puerta cuando ésta esté abierta, además de permitir el movimiento de la misma en la maniobra de apertura y

cierre. También han de soportar las tensiones generadas por la sobreapertura de la puerta.

Canal guía: es una pieza que tiene dos funciones principales: guiar el cristal en su maniobra de subir y bajar, y sujetar para evitar una excesiva vibración del cristal en caso de cerrar la puerta con el mismo bajado completamente.

Revestimiento

externo: es la pieza más exterior de la puerta. Su función principal es cubrir las anteriores piezas con un diseño que sea atractivo al cliente. El diseño de la pieza ha de lograr un buen comportamiento aerodinámico y que no genere ruidos cuando el vehículo circule a velocidades elevadas.

3.2.2 Mecanismos

Esta zona de la puerta abarca tanto los mecanismos propiamente como elementos de estanqueidad, tapas, cables,... que se sitúan entre revestimientos o incluso en el exterior de la chapa (como es el caso del retrovisor). Se muestra en la figura 3.4.

▪ Puerta anterior

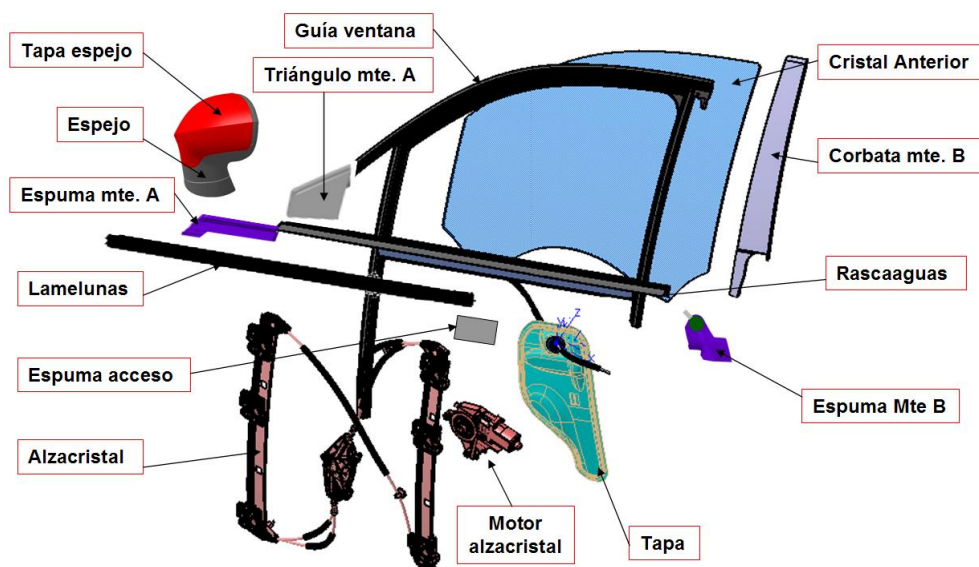


Figura 3.4: Explosionado de los elementos móviles y mecanismos de la puerta.

Cristal: Es la pieza de vidrio que cubre la zona de la ventana, delimitada por el rascaaguas y la guía ventana. Permite la visión lateral y del retrovisor (figura 3.5).

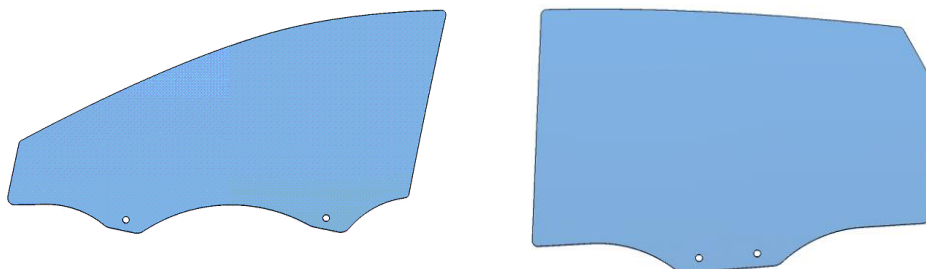


Figura 3.5: Explosionado de los elementos del revestimiento exterior de la puerta

Guía ventana: Es la pieza que sirve de guía en el movimiento ascendente/descendente del cristal. Proporciona un sellado hermético con tal de evitar la entrada de agua dentro del habitáculo. Está compuesto por un elemento gomoso (normalmente EPDM), que garantiza la estanqueidad, con injertos de aluminio que le confieren rigidez a la pieza.

Corbata: Se trata de una pieza decorativa clipada a la puerta en la zona de la ventana más cercana al montante B. En el caso del SE370 también sirve de guía del cristal.

Lame-lunas: Es la pieza fijada al revestimiento exterior que evita en la medida de lo posible la entrada de humedad y polvo al interior del revestimiento externo (zona seca), además de aislar acústicamente el habitáculo y restringir la vibración del cristal.

Rasca-aguas: Se trata de la pieza exterior a la puerta, ensamblada entre el revestimiento externo y el cristal cuya función principal es impedir la entrada de agua y suciedad del exterior al interior de la zona húmeda de la puerta. También restringe la vibración del cristal.

Espumas: Se colocan en las zonas donde se generaría ruido en su ausencia a causa del flujo de viento cuando el coche está en movimiento. También se usan para amortiguar las colisiones entre piezas a causa de la vibración.

Alza-cristales

eléctrico: Se trata del conjunto de piezas que hacen posible el movimiento ascendente/descendente del cristal accionando un botón. La parte mecánica consta de cuatro piezas principales (figura 3.6):

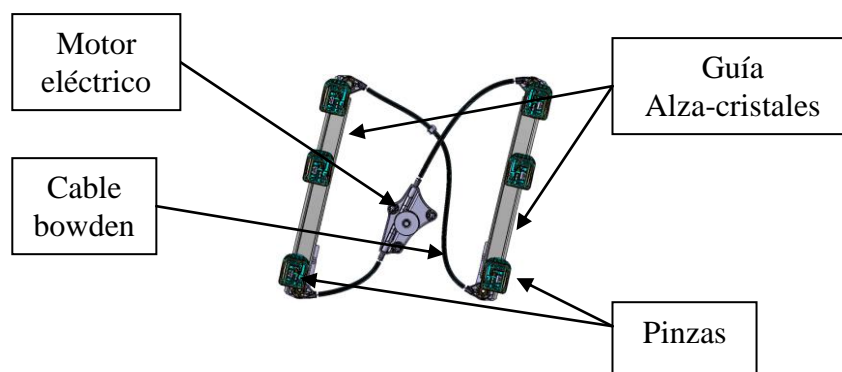


Figura 3.6: Mecanismo alzacristales

- *Guías alza cristales:* Son los raíles por los que se desplazan las pinzas que agarran el cristal para desplazarlo. Van atornilladas al armazón de la puerta.
- *Pinzas:* por un lado van clipadas sobre los dos agujeros inferiores del cristal y por el otro unidos al cable “bowden”.
- *Cables “Bowden”:* son los cables encargados de transmitir la fuerza del motor eléctrico a las pinzas que agarran el cristal. Son cables de acero con una cubierta de polímero.
- *Motor eléctrico:* alimentado por la batería del coche provee de la fuerza necesaria para subir y bajar los cristales.

Triángulos: es una pieza embellecedora que cubre el espacio libre que deja el cristal dentro del hueco ventana. En algunos casos sirve también de guía del cristal.

Retrovisor: Es el elemento cuya función es permitir al conductor mirar lo que sucede detrás del vehículo mientras conduce sin tener que girarse. Consta de cuatro piezas principales:

- **Pie:** es la pieza inferior del retrovisor y tiene la función de unirlo al refuerzo retrovisor adherido al armazón. El mecanismo bisagra+muelle va unido al pie (figura 3.7).

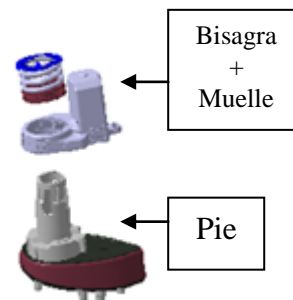


Figura 3.7: Pie del retrovisor

- **Cuerpo:** contiene el mecanismo que permite plegar el retrovisor y a la vez los elementos de sujeción del cristal retrovisor (figura 3.8).

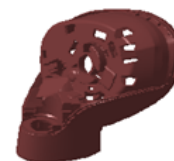


Figura 3.8: Cuerpo del retrovisor

- **Cristal:** se trata del elemento que permite la visión de la zona posterior al coche y que además incorpora detrás una placa de plástico que le permite a un accionador el ajuste de la posición del cristal. El accionador puede ser manual o eléctrico (figura 3.9).



Figura 3.9: Cristal del retrovisor

- **Carcasa:** es el elemento embellecedor exterior. Va clipado al cuerpo del retrovisor. Puede llevar incorporado una luz intermitente (figura 3.10)

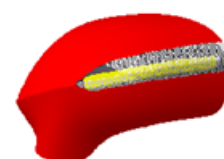


Figura 3.10: Carcasa del retrovisor

Conjunto de cierre: Es el ensamblaje de piezas que permiten tanto la apertura y el cierre de la puerta gracias al accionamiento manual como el bloqueo del mecanismo para que no pueda ser abierto sin llave. Consta fundamentalmente de 8 partes:

- *Maneta exterior:* es la pieza que permite abrir la puerta manualmente desde fuera del vehículo (figura 3.11).

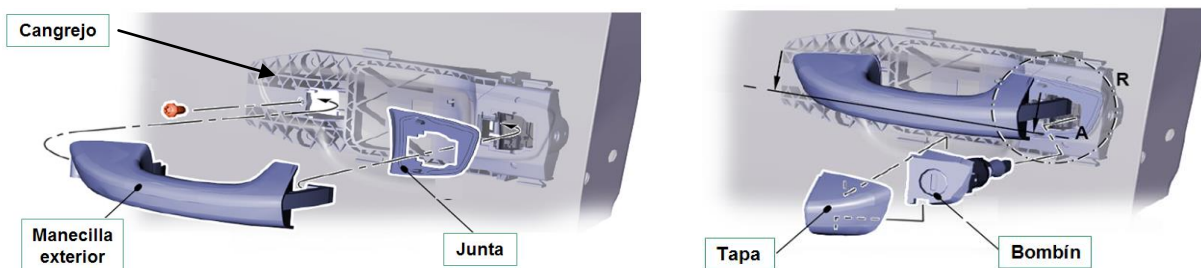


Figura 3.11: Explosionado de la parte externa de la cerradura

- *Bombín:* se trata del mecanismo que permite desbloquear la cerradura manualmente desde el exterior utilizando una llave (figura 3.12).



Figura 3.12: Bombín

- *Manecilla interna:* es la pieza encargada de abrir la puerta manualmente desde el interior del vehículo (figura 3.13).

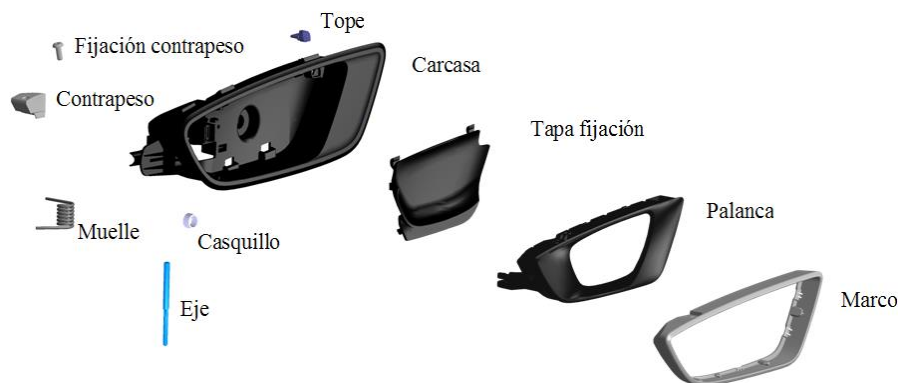


Figura 3.13: Explosionado del conjunto manecilla

- *Cable bowden*: es el elemento que transmite la fuerza de accionamiento de la cerradura desde la maneta o manecilla a la cerradura propiamente. Hay un cable para la maneta externa y otra para la interna (figura 3.14).



Figura 3.14: Cable “bowden”

Llave: es la pieza encargada de bloquear y desbloquear la cerradura. Puede ser fija (se ha de introducir en el bombín) o completa (con la parte fija y además puede accionarse eléctricamente mediante un botón). Se muestran ambas en la figura 3.15.



Figura 3.15: Llave completa (izquierda) y llave fija (izquierda)

- *Cerradura*: es el conjunto de piezas que accionadas por el cable bowden permiten la apertura de la puerta (figura 3.16).
- *Resbalón*: es la pieza de metal atornillada a la carrocería donde queda encajada la cerradura al cerrar la puerta (figura 3.16).

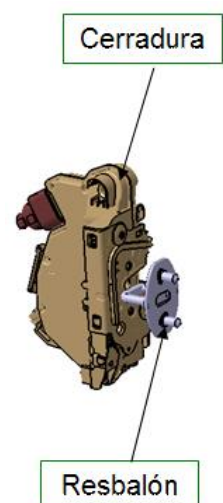


Figura 3.16: Cerradura y resbalón.

- Tapa “Deckel”: es la tapa que garantiza la estanqueidad entre zona húmeda y seca tapando el hueco por donde se introducen los elementos que van fijados al armazón durante el montaje (figura 3.17).



Figura 3.17: Tapa “Deckel”

▪ ***Puerta posterior***

La puerta posterior monta los mismos elementos que se han descrito en la anterior a excepción de la guía alza-cristales y del elevalunas.

- *Guía alza-cristales*: consta de un solo raíl con una sola pinza y un soporte que sujeta el cristal en el caso de cerrar la puerta con la luna bajada completamente (figura 3.18).

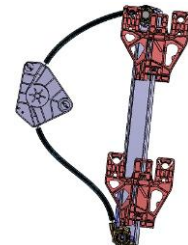


Figura 3.18: Guía alza-cristales

- *Elevalunas manual*: El único cambio con respecto al eléctrico es que la fuerza aportada al eje se realiza manualmente accionando una manivela (figura 3.19).



Figura 3.19: Elevalunas manual

3.2.3 Revestimiento interno

Se entiende por revestimiento interno el conjunto de piezas que recubren el armazón de la puerta en orden a proporcionar confort a los ocupantes al tiempo que lograr una sensación de calidad en el interior del vehículo.

Suele ser conformada en su totalidad por piezas de plástico, ya que como se ha comentado no se trata de piezas estructurales que hayan de soportar esfuerzos elevados sino que en su mayoría son piezas de carácter decorativo.

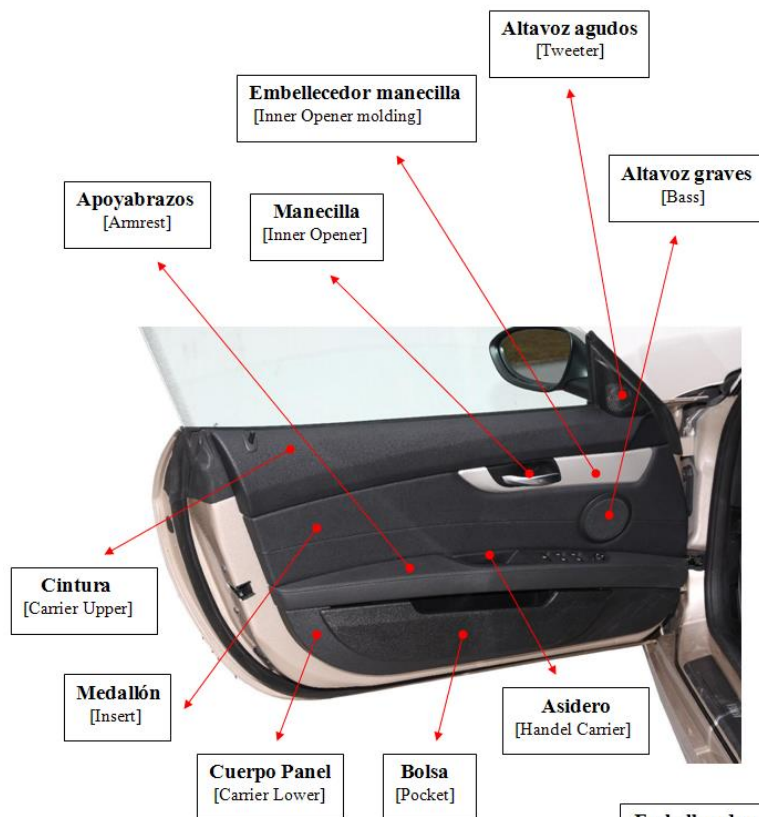


Figura 3.20: Elementos de la puerta anterior.

Cabe destacar las piezas que sí han de soportar esfuerzos considerables, por ejemplo el asidero y la manecilla. Estos elementos están elaborados con plásticos de mayor calidad y en ocasiones reforzados con fibras.

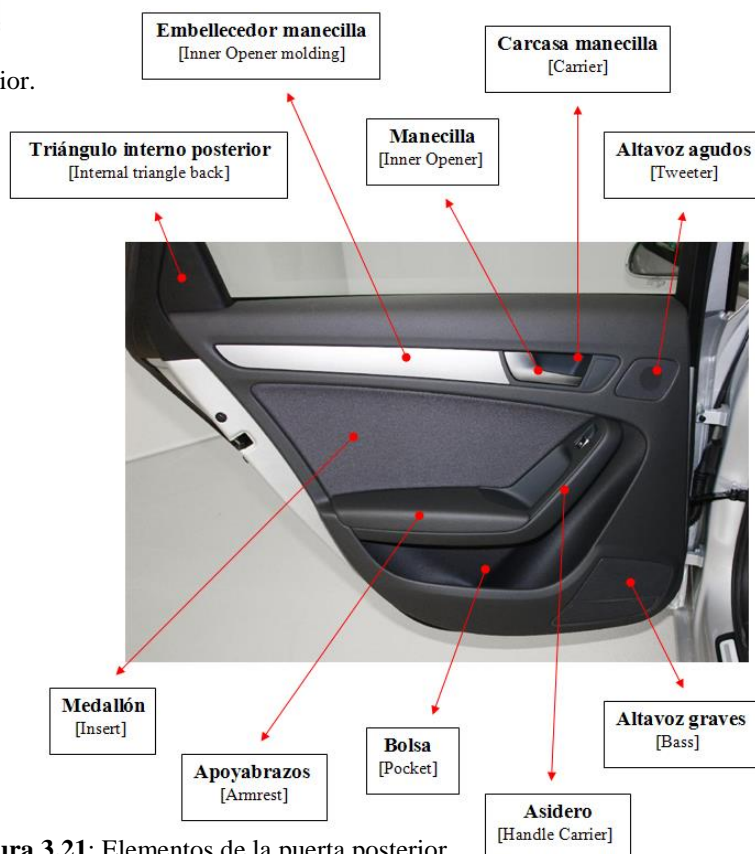


Figura 3.21: Elementos de la puerta posterior.

3.3 Arquitectura de la puerta

Como se ha comentado anteriormente se podría dividir la totalidad de la puerta en tres partes principales: revestimiento externo, revestimiento interno (panel puerta) y elementos móviles.

La arquitectura de la puerta es la forma en la que interaccionan estas tres partes fundamentales. Por una parte existen diferentes formas de fijar los elementos móviles en el interior de la puerta y por otro lado se pueden crear o no zonas estancas a la humedad y al polvo. La combinación de estas posibilidades da lugar a una arquitectura de puerta o a otra.

En el interior de la puerta (figura 3.22) se distinguen dos zonas: zona seca o estanca y zona húmeda o no estanca. Todos los mecanismos eléctricos así como sus cables o altavoces han de permanecer en la zona seca para un correcto funcionamiento.

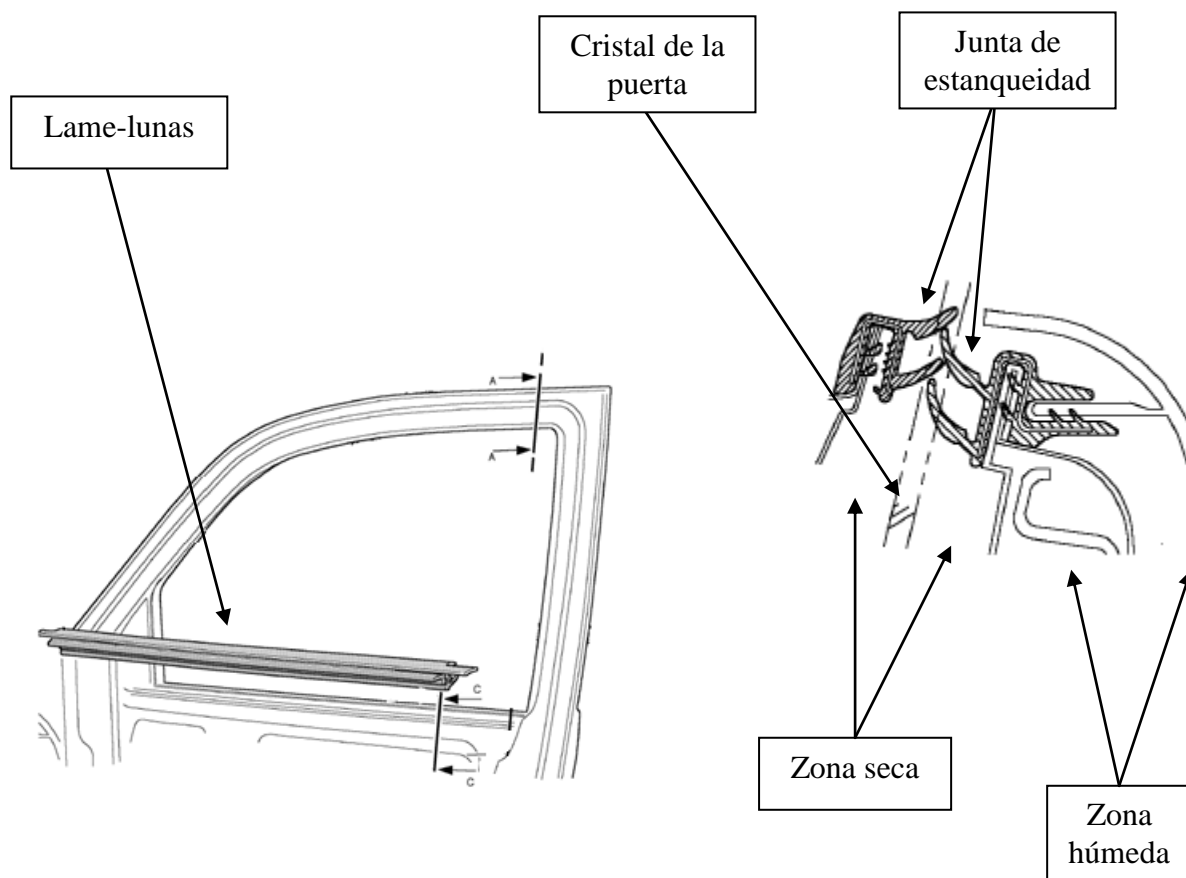


Figura 3.22: Vista en sección de la puerta (Sección C).

Existen diferentes modos de confeccionar la puerta con todos sus elementos, a estos diferentes modos se le llaman arquitecturas. Se distinguen principalmente 4 arquitecturas diferentes, que son:

3.3.1 Arquitectura antigua

Se trata de separar la zona seca de la húmeda con una lámina que ocupa la totalidad de la superficie de la puerta a la altura de la cintura (figura 3.23).

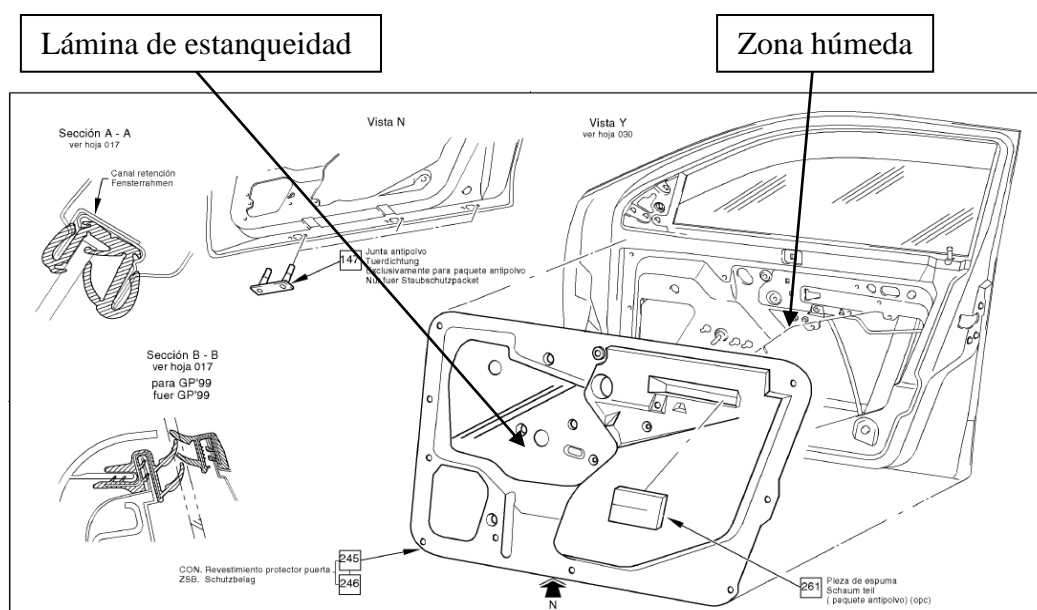


Figura 3.23: Vista interior de una puerta de arquitectura antigua

Los mecanismos de la zona húmeda se fijan al armazón y los de la zona seca en el panel-puerta. La única función que tiene la lámina es aislar las dos zonas. Solo atravesarán esta lámina los elementos que sea necesario que lo hagan, como el eje de la manivela alza cristales o el cable para abrir la cerradura (figura 3.24).

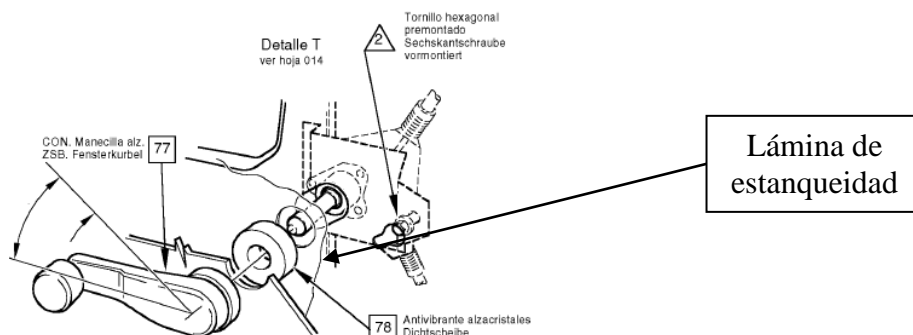


Figura 3.24: Detalle del paso del eje del elevavinas a través de la lámina de estanqueidad.

3.3.2 Arquitectura convencional

Se trata de montar los elementos que pueden permanecer en la zona húmeda introduciéndolos a través de un hueco de tamaño medio que posee la chapa en su interior (figura 3.25). Los elementos se fijan sobre el armazón interno. Una vez collados los elementos sobre el armazón, se sella la zona con una tapa que cubre el hueco antes mencionado.

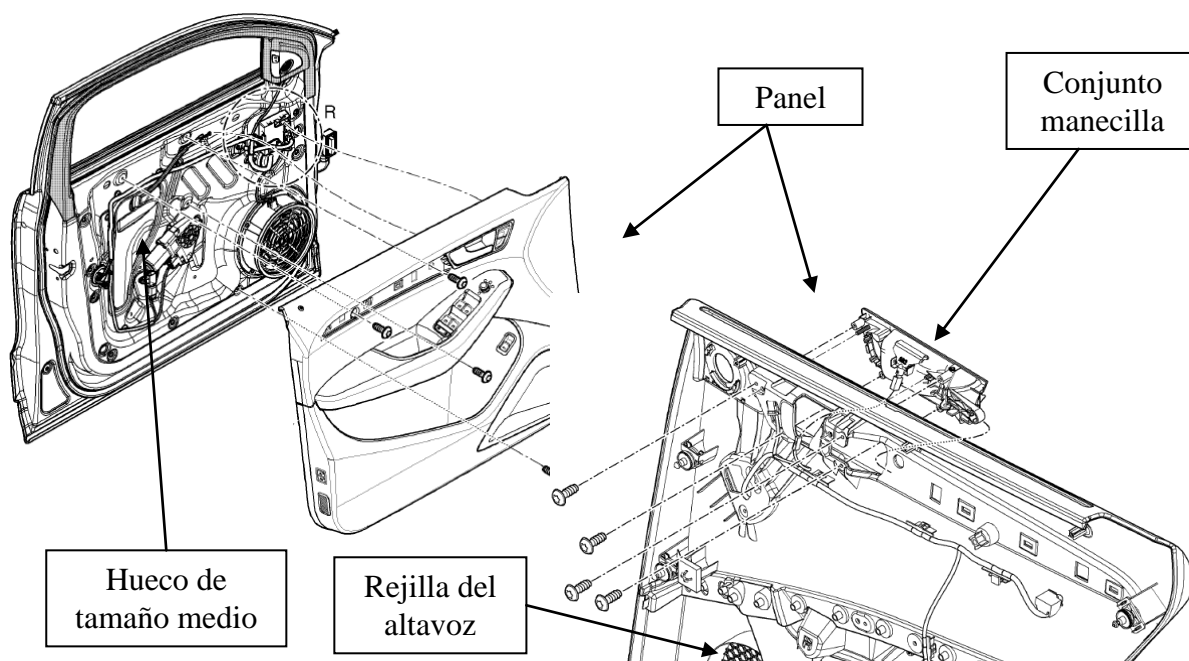


Figura 3.25: Explosionado de una puerta de arquitectura convencional

Se observa que los elementos fijados en la parte interior del panel se encuentran en la zona seca ya que ninguno posee tapas que les aíslen de la humedad. En especial queda de manifiesto en la rejilla del altavoz.

Es filosofía del consorcio montar todas las puertas de coches del consorcio con la misma arquitectura, la convencional, con el objetivo de tener la opción de poder montar cualquier puerta en cualquier planta de montaje del consorcio. Por lo tanto la puerta del SE370 se fabrica con esta arquitectura.

3.3.3 Arquitectura AGT

Esta arquitectura se basa en que antes de colocar la lámina de estanqueidad en la puerta se collan en la misma los mecanismos que han de situarse en el interior de la puerta (figura 3.26). Esta lámina irá collada al armazón interior y garantizará el aislamiento. Es un híbrido entre la arquitectura convencional y la DTM.

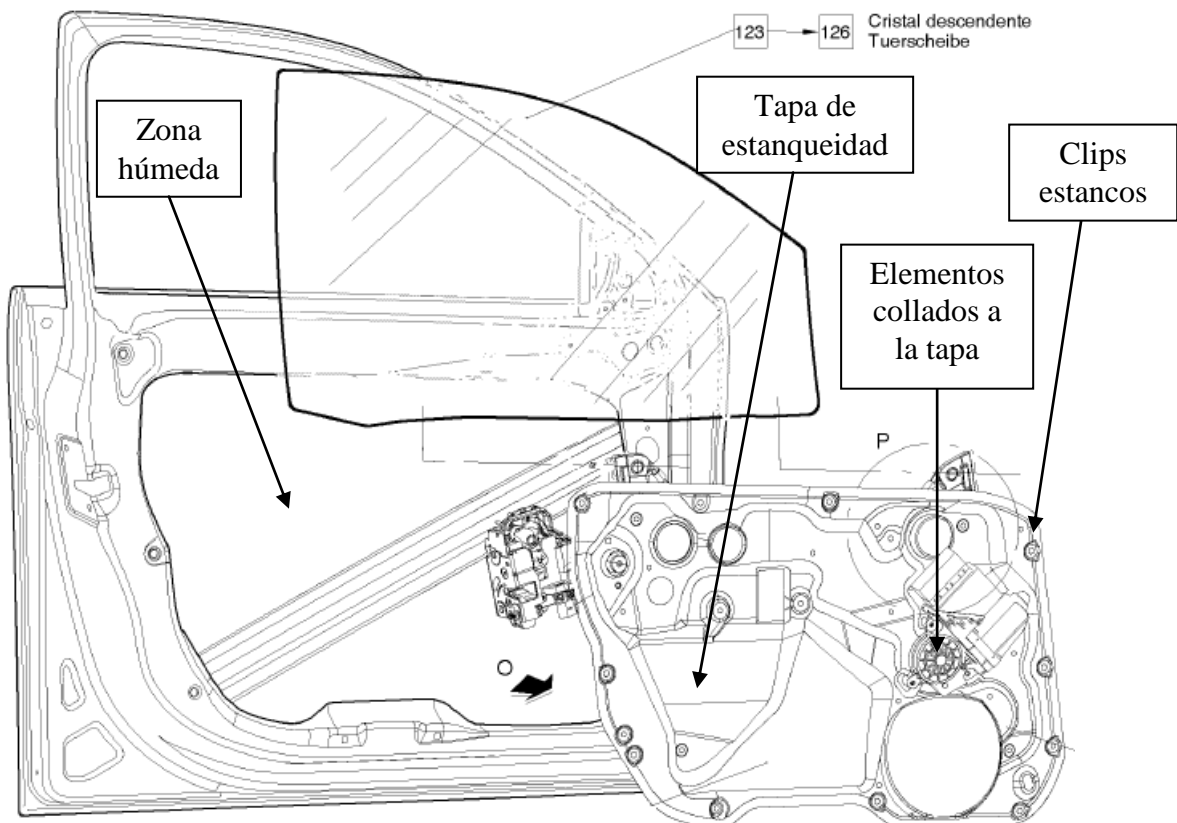


Figura 3.26: Explosionado de una puerta de arquitectura AGT

Se aprovecha la tapa de estanqueidad para collar o fijar tanto los elementos que se situaran en la zona húmeda como los de la zona seca. Además, al tener que garantizar la estanqueidad entre ambas zonas los clips que unen dicha lámina con el armazón han de ser estancos.

3.3.4 Arquitectura DTM (Door Trim Module)

Es una estructura en la cual no hay estanqueidad entre la chapa exterior y el revestimiento interno (panel) de la puerta. El mismo panel ha de aislar el habitáculo de la zona húmeda (figura 3.27). Cada elemento que necesita estar en zona seca ha de llevar su propia tapa que lo aíse de la humedad.

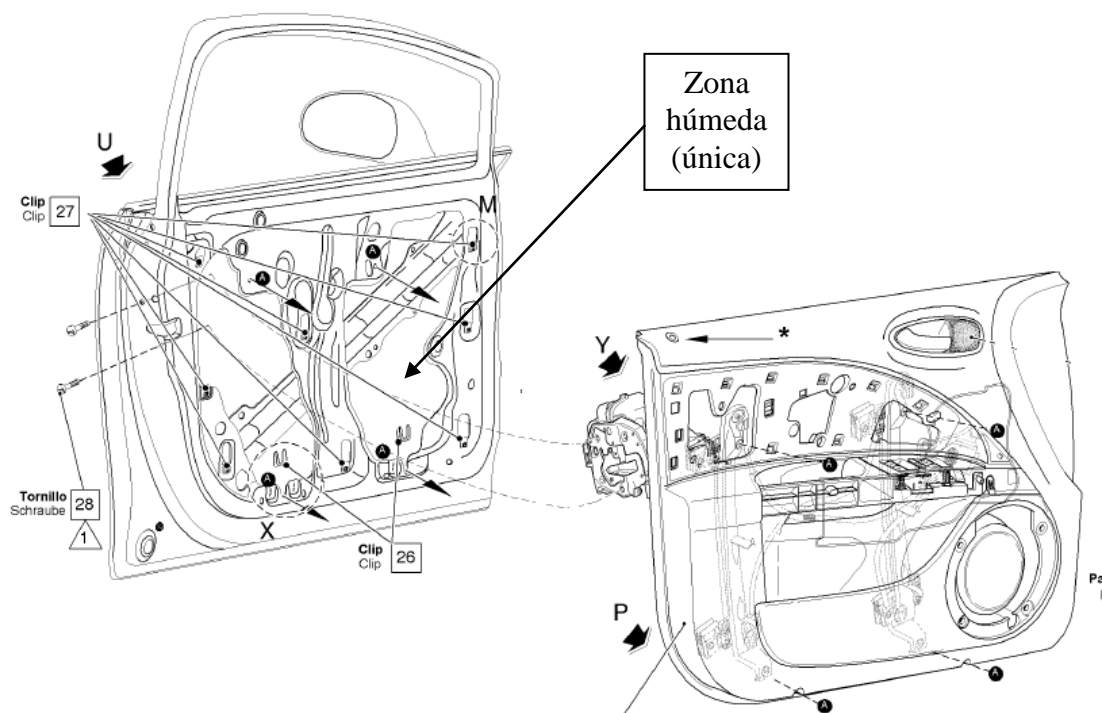


Figura 3.27: Explosionado de una puerta de arquitectura DTM

Todos los elementos del revestimiento interno han de ser estancos para que no traspase la humedad al interior del habitáculo (figura 3.28 y 3.29). Los elementos que estén collados al revestimiento y no resistan la humedad han de ir protegidos con unas cazoletas estancas con el revestimiento interior.

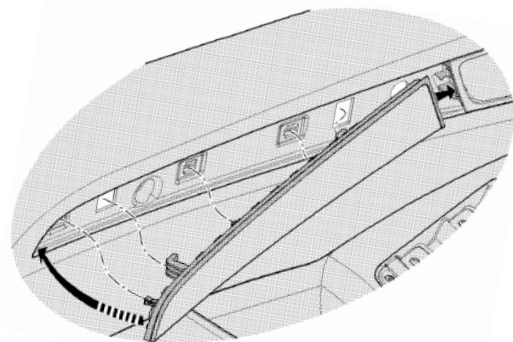


Figura 3.28: Clipaje estanco del embellecedor

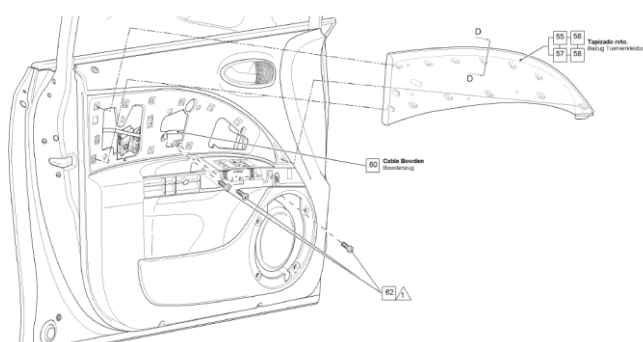


Figura 3.29: Clipaje estanco del medallón

3.4 Variantes en las puertas

- *Tipo de elevalunas*



Figura 3.30: Puerta con elevalunas eléctrico



Figura 3.31: Puerta con elevalunas manual

- *Tipo de regula-espejos*



Figura 3.32: Puerta con regula-espejos eléctrico



Figura 3.33: Puerta con regula-espejos manual

- *Con o sin parasol*



Figura 3.34: Puerta con parasol incorporado



Figura 3.35: Puerta con parasol no incorporado

- *Tipo de asidero*



Figura 3.36: Asidero con mango



Figura 3.37: Asidero sin mango

- *Triángulo*



Figura 3.38: Puerta con triángulo



Figura 3.39: Puerta sin triángulo

- *Embellecedor de la manecilla*



Figura 3.40: Panel-puerta con embellecedor



Figura 3.41: Panel-puerta sin embellecedor

3.5 Materiales empleados en el panel-puerta

Tiene una gran importancia en el estudio y desarrollo de los paneles puerta el tema de la elección de los materiales que han de conformarla.

En dicha elección entran en juego muchos factores que irán orientando a los proyectistas hacia un rango más o menos acotado de materiales posibles para la confección de dicho panel. Algunos de esos factores son la resistencia a las sollicitaciones mecánicas y térmicas a las que deberán hacer frente con tal de superar con éxito las pruebas de calidad de la compañía; otra sería la densidad del material que, especialmente en las piezas más grandes, dotará de más o menos peso al revestimiento interno; la calidad que el cliente puede percibir a través de los sentidos al estar cerca de los mismos; y por último el precio, que sería uno de los factores más importantes ya que la totalidad de piezas que conforman el panel no puede superar un determinado presupuesto exigido por la compañía.

Podrían asimilarse la totalidad de los materiales existentes en 4 grupos principales: metales, cerámicas, polímeros y compuestos.

Los metales soportarían sobradamente las sollicitaciones mecánicas exigidas a un panel puerta, pero en cuanto a las sollicitaciones térmicas sería excesiva su dilatación. También quedan descartadas por su gran densidad y si hubiera algún metal con baja densidad y buenas propiedades mecánicas se dispararía el precio. Pueden usarse en piezas pequeñas que no contribuyan a elevar considerablemente el peso y/o el precio (manecillas, embellecedores,...)

Los materiales cerámicos resisten con solvencia las sollicitaciones térmicas pero su fragilidad y densidad excesivas las descartan.

Por último quedan los materiales poliméricos y compuestos que son los materiales más usados en la confección de la puerta por su baja densidad, su resistencia a las exigencias mecánicas y térmicas y su bajo precio en relación con metales y cerámicas. En caso de necesitar mayor resistencia mecánica (en asideros, manecillas,...) se usan también los compuestos.

Existe un concepto muy importante a la hora de rebajar el coste de los materiales y se denomina economía de escala. La economía de escala consiste en reducir el coste unitario de las piezas por el hecho de comprar en grandes cantidades. Es por eso que conviene no utilizar una gran variedad de materiales con el fin de pedir grandes cantidades de una pequeña variedad de los mismos.

A continuación se detallan las razones de uso de los principales materiales utilizados en los paneles puerta:

ABS (TL 527) (Acrilonitrilo-butadieno-estireno)

Es un plástico resistente. Permite un buen adhesivado. Inyectado es brillante. Cabe la posibilidad de cromarlo.

ABS (TL 527A)

Producto de polimerización por injertos de ABS, resistente a la deformación térmica hasta 90°C, para piezas que, por su forma y construcción, sufren una mayor sollicitación por calor.

ABS (TL 527B)

Producto de polimerización por injertos de ABS, resistente a la deformación térmica hasta 100°C, para piezas cuya posición de montaje exija una mayor resistencia a la deformación térmica del material.

ASA (Acrilatoilester Stiroil-Acrilonitrilo-copolimerizado)

Material plástico con características mecánicas parecidas al ABS pero con excelente resistencia a la irradiación solar. Se usa en piezas exteriores o en aquellas del interior con irradiación solar directa.

PC (Policarbonato)

Es un aditivo que unido con el polímero le confiere más resistencia.

HCPP (Polipropileno de alta cristalinidad)

No posee carga de talco lo que le disminuye resistencia pero aumenta la resistencia al rayado.

EPDM (Terpolímero de etileno-propileno)

Goma sintética. Es un aditivo. Disminuye la fragilidad en frío. Suele utilizarse en las zonas de airbag.

PA (Poliamida)

Es un material más resistente aún que el ABS. Se utiliza para zonas que requieren soportar esfuerzos frecuentes como manetas, asideros,...

Es más resistente el PA6 que el PA66.

PA 6 (Polímero de 6-caprolactama)

PA 66 (Polímero de hexametilendiamina y del ácido atípico)

POM (Polioximetileno poliformaldehído) (poliacetal)

Tiene mejor fluencia que el PP o el ABS y es por eso que se utiliza para conformar la rejilla del altavoz ya que requiere orificios muy pequeños. Es más caro, quebradizo y brillante que los anteriores.

PU foam (Espuma de poliuretano)

Es la espuma que va debajo del tejido en el medallón y a veces debajo del folio en la cintura o en el apoyabrazos. Le da la sensación soft al tacto. Depende de la densidad cuesta más o menos deformarlo y da más o menos sensación de acolchamiento.

EPP (Espuma de polipropileno)

Es más compacto y duro que el “Porespán” (Espuma de Polietileno). Se utiliza en la crash pad o padding.

IMD (Inmold Decoration)

Es un material similar a la vista al cromado que se utiliza en los embellecedores. Es una lámina que dependiendo de su grosor cambia su nombre (IMD o IML).

PES (Poliéter sulfona)

Es un material aterciopelado que conforma el tejido que adorna el medallón.

TPO (Olefinas termoplásticas)

Es, en algunas ocasiones, el material del folio. Se suele utilizar en zonas donde sufre estirado que podrían estropear el grabado superficial (el caso del PVC) ya que este material puede ser grabado dentro del molde una vez colocado sobre la carcasa (inmoldgraining).

PVC (Policloruro de vinilo)

Suele ser el material utilizado para el folio. Suele usarse con un grabado superficial.

EPR (Goma de etileno-polipropileno)

Se suele utilizar para aislamiento. Es un tipo de EPDM.

Plásticos reforzados:

La nomenclatura estándar es → Polímero _ Aditivo + % del aditivo en masa

PA MD40 (Poliamida con un 40% de carga mineral)

PA GF (Poliamida con fibra de vidrio)

PP/PE T20 (Mezcla de polipropileno y etileno con un 20% de carga de talco)

PP MD (Polipropileno con carga mineral)

PP EPDM M12 (Polipropileno con aditivo EPDM y un 12% de carga mineral)

Se añade **fibra de vidrio** para aumentar la rigidez y resistencia del material.

Se añade **carga mineral** para poder cromar el material a pesar de ser menos resistente y más cara que la fibra de vidrio.

Se añade **talco** para aumentar la dureza del material pero disminuye la resistencia al rallado

Conglomerados:

La nomenclatura estándar es → Fibras _ Resina

WS PP (fibras de madera aglutinadas)

WD90 PF (90% de harina/fibra de madera aglutinada)

Natural fiber PP (fibra natural de Polipropileno)

Unidas a una resina forman materiales medio rígidos medio flexibles.

3.6.1 Seat León (SE370)

Marca: Seat
Modelo: León
Año: 2012



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP/PE T15	PP/PE T15
Cintura	ABS + PVC espumado	PP/PE T15 + PVC espumado
Medallón	PP/PE T15	PP/PE T15
Apoyabrazos	ABS+PUR+PVC	ABS+PUR+PVC
Fondo Bolsa	HCPP	HCPP
Cuerpo Asidero	ABS	ABS
Manecilla	PA GF30	PA GF30
Marco Manecilla	ABS/PC	ABS/PC
Tapa Manecilla	ABS	ABS
Carcasa Manecilla	ABS	ABS
Listón lamelunas	ABS	PP/PE T15
Padding	PP/PE T15	*
Tapa Altavoz	Integrado en cuerpo panel	Integrado en cuerpo panel
Tapa Tweeter	*	ABS
Distancial Altavoz	PP/PE T15	PP/PE T15
Tapa Fijación	ABS	ABS
Triángulo Anterior	*	PP/PE T15
Casquillo LED	ASA+PC	*
Marco elevallunas electrico.	Integrado en cuerpo asidero	*
Manivela elevallunas	*	PA6/PA6 GF30/PP
Nº Piezas Panel	15	16
Peso global	3269 g	2465 g
Nº fijaciones	8 clips + 1 superclip	7 clips + 1 superclip
Ergonomía	1	1
Precio Global Venta	114,62 €	122,78 €
Cuerpo Panel	Injectado	Injectado
Cintura	Injectado + Adhesivado por vacío	Injectado + Adhesivado por vacío
Medallón	Injectado	Injectado
Apoyabrazos	Injectado + Adhesivado por vacío	Injectado + Adhesivado por vacío
Fondo Bolsa	Injectado	Injectado
Tapa Asidero	Injectado	Injectado
Manecilla	Injectado	Injectado

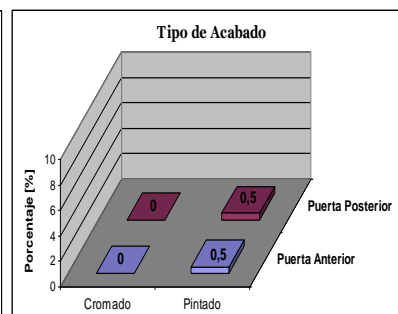
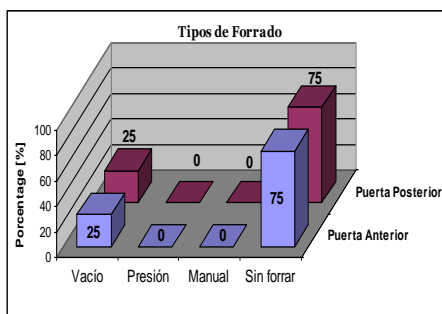
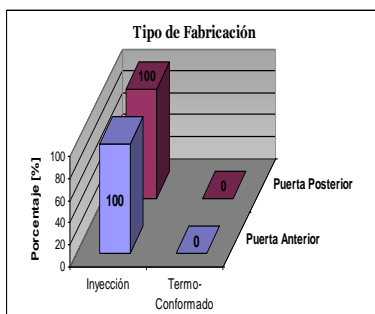


Tabla 3.2: Tabla resumen de fabricación y materiales del Seat León (SE370)

3.6.2 Audi A3 (AU373)

Marca: Audi**Modelo:** A3**Año:** 2012

	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP	PP
Cintura	ABS - PVC folio espumado	ABD + PVC espumado
Medallón	ABS + Cuero	ABS con cuero
Apoyabrazos	ABS+PUR+PVC espumado	ABS+PUR+PVC espumado
Fondo Bolsa	PP	PP
Cuerpo Asidero	ABS	ABS
Manecilla	ABS PC con GID cromado	ABS PC con GID cromado
Embellecedor (manecilla)	ABS	ABS
Marco Manecilla	PA6 GF30	PA6 GF30
Carcasa Manecilla	PA6 GF30	PA6 GF30
Listón lame-lunas	PP	PP
Padding	PP	*
Tapa Altavoz	Integrado en cuerpo panel	Integrado en cuerpo panel
Casquillo LED	ASA+PC	*
Marco elevallunas eléctrico	ABS	ABS
Embellecedor altavoz	Aluminio	Aluminio
Difusor luz altavoz	PMMA brillante	PMMA brillante
Nº Piezas Panel	16	12
Peso global	3050 g	2341 g
Nº fijaciones	8 clips	7 clips
Ergonomía	2	2
Precio Global Venta	594,72 €	338,66 €
Cuerpo Panel	Inyectado	Inyectado
Cintura	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado + Adhesivado por vacío
Medallón	Inyectado + Adhesivado a mano	Inyectado + Adhesivado a mano
Apoyabrazos	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado + Adhesivado por vacío
Fondo Bolsa	Inyectado	Inyectado
Tapa Asidero	Inyectado	Inyectado
Manecilla	Inyectado + Cromado	Inyectado + Cromado

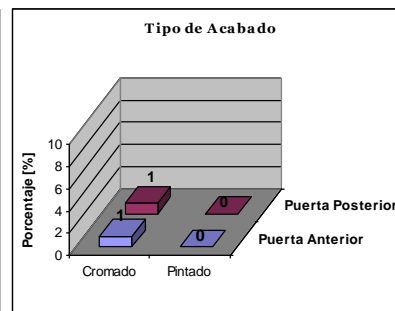
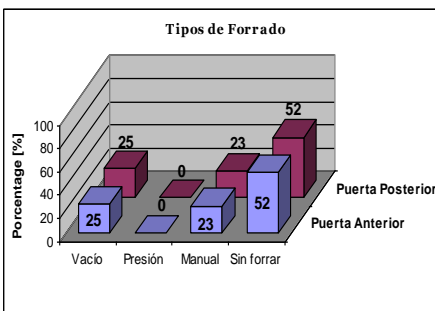
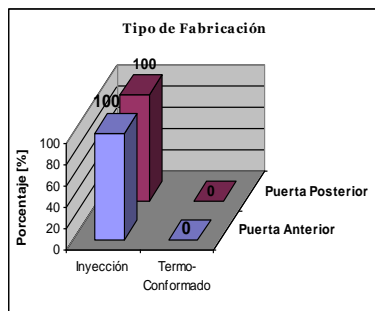


Tabla 3.3: Tabla resumen de fabricación y materiales del Audi A3 (AU373)

3.6.3 Volkswagen Golf (VW370)

Marca: Volkswagen

Modelo: Golf VII

Año: 2013



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP T16	PP T16
Cintura	ABS + PVC espumado	PP T16
Medallón	NF PP + textil espumado	NF PP + textil espumado
Apoyabrazos	NF PP + textil espumado	NF PP + textil espumado
Fondo Bolsa	PET + SBR	NF PP
Cuerpo Asidero	ABS PC	ABS PC
Tapa Asidero	ABS PC	ABS PC
Manecilla	PA6 MD40 cromado	PA6 M40 cromado
Embellecedor (manecilla)	ABS + Folio de IMD	ABS + Folio de IMD
Carcasa Manecilla	PA6 GF15	PA6 GF15
Padding	PP T16	*
Tapa Altavoz	Integrado en cuerpo panel	Integrado en cuerpo panel
Refuerzo altavoz	PP T16	PP T16
Tapa Tweeter	*	ABS/PP T16
Triángulo Anterior	PP T16	*
Casquillo LED	ABS / PA	*
Marco elevallunas electrico.	ABS barnizado	ABS barnizado
Manivela elevallunas	*	PA6/PA6 GF30/PP
Nº Piezas Panel	15	14
Peso global	3088 g	2411 g
Nº fijaciones	6 clips + 1 clip collado	6 clips + 1 clip collado
Ergonomía	5	5
Precio Global Venta	263,14 €	263,14 €
Cuerpo Panel	Inyectado	Inyectado
Cintura	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado
Medallón	Termoconf. + Adhesivado presión	Termoconf. + Adhesivado presión
Apoyabrazos	Termoconf. + Adhesivado presión	Termoconf. + Adhesivado presión
Fondo Bolsa	Termoconformado	Termoconformado
Tapa Asidero	Inyectado	Inyectado
Manecilla	Inyectado + Cromado	Inyectado + Cromado

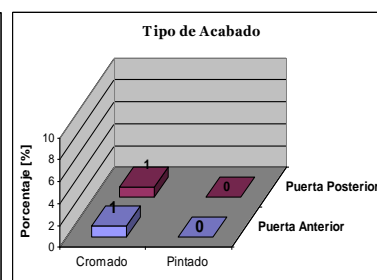
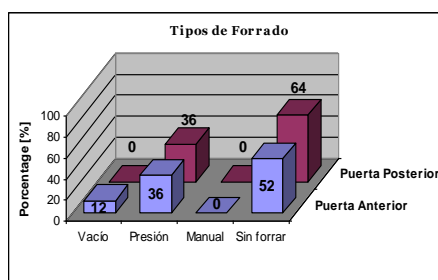
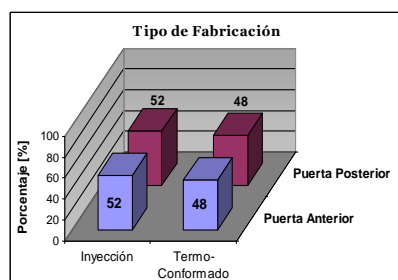


Tabla 3.4: Tabla resumen de fabricación y materiales del Volkswagen Golf (VW370)

3.6.4 Volkswagen Scirocco

Marca: Volkswagen

Modelo: Scirocco

Año: 2008



Puerta Anterior	
Cuerpo Panel	PP/PE
Cintura	ABS+PUR+PVC
Medallón	ABS+PUR+PET
Apoyabrazos	NFPP + TPO espumado
Fondo Bolsa	PET+SBR (moqueta interior); CO+PP+PET (exterior)
Cuerpo Asidero	ABS
Tapa Asidero	ABS + ABS/PC
Manecilla	ABS PC cromado
Carcasa Manecilla	ABS
Padding	Espuma PP
Tapa Altavoz	Integrado en cuerpo panel
Tapa Tweeter	ABS
Triángulo Anterior	PP/PE
Casquillo LED	ASA/PC
Marco elevavinas electrico.	ABS
Nº Piezas Panel	14
Peso global	3368 g
Nº fijaciones	6 clips + 2 clips collados
Ergonomía	5
Precio Global Venta	313,88 €
Cuerpo Panel	Injectado
Cintura	Injectado + Adhesivado por vacío
Medallón	Injectado + Adhesivado por presión
Apoyabrazos	Termoconformado + Adhesivado por vacío
Fondo Bolsa	Termoconformado
Tapa Asidero	Injectado + Pintado
Manecilla	Injectado + Cromado

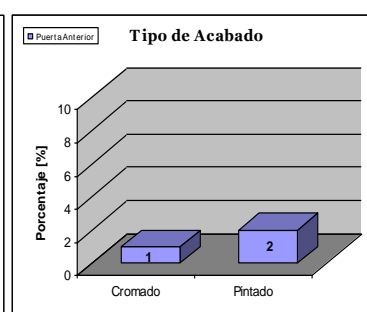
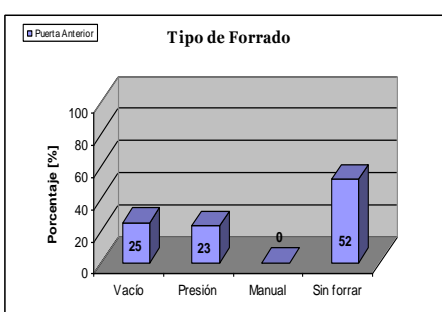
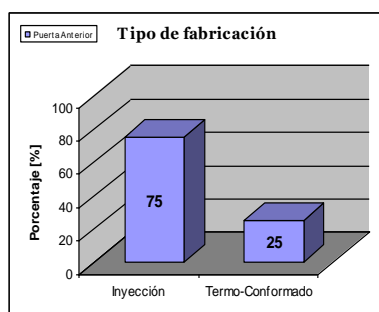


Tabla 3.5: Tabla resumen de fabricación y materiales del Volkswagen Scirocco (VW364)

3.6.5 Skoda Octavia

Marca: Skoda
Modelo: Octavia
Año: 2013



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP/PE T16	PP/PE T16
Cintura	ABS + 2 mm PUR + PVC	ABS + 2mm PUR + PVC
Medallón	PP+NF50	PP + NF50
Apoyabrazos	ABS+PES+TPO (Imitación piel)	ABS+PES+PVC
Fondo Bolsa	PP(NF)+PET+VLIES	PP(NF)+PET+Vlies
Cuerpo Asidero	ABS grabado granulado	PP/PE TD16
Tapa Asidero	Integrado en el apoyabrazos	PP/PE TD16
Manecilla	PA6 M40	PA6 M40
Embellecedor (manecilla)	ABS/PC + folio de ABS [IMD]	ABS/PC ABS (IMD)
Carcasa Manecilla	PA6 GF25	PA6 GF25
Padding	Espuma PP (x2)	*
Tapa Altavoz	Integrado en cuerpo panel	Integrado en cuerpo panel
Tapa Tweeter	POM/PPT16 graneado	POM
Triángulo Anterior	PP/PE TD16	*
Casquillo LED	PA6 GF25	*
Marco elevavinas electrico.	ABS	ABS
Manivela elevavinas	*	PA6 GF25/PA66 GF30/PP-EPDM
Nº Piezas Panel	14	13
Peso global	2868,2 g	2469 g
Nº fijaciones	7 clips + 1 clip collado	7 clips + 1 clip collado
Ergonomía	4	4
Precio Global Venta	292,64 €	292,64 €
Cuerpo Panel	Inyectado	Inyectado
Cintura	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado + Adhesivado por vacío
Medallón	Termoconformado	Termoconformado
Apoyabrazos	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado + Adhesivado por vacío
Fondo Bolsa	Termoconformado	Termoconformado
Tapa Asidero	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado
Manecilla	Inyectado	Inyectado

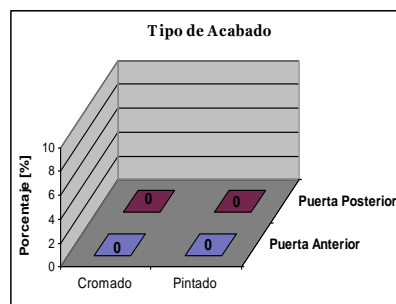
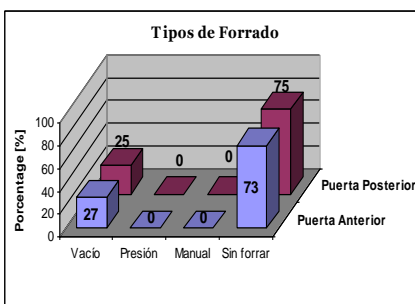
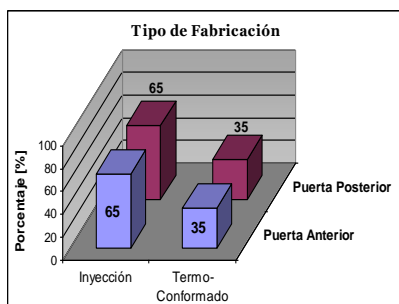


Tabla 3.6: Tabla resumen de fabricación y materiales del Skoda Octavia (SK37x)

3.6.6 Opel Astra Cosmo

Marca: Opel

Modelo: Astra Cosmo

Año: 2010



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP+EPDM T20	PP+EPDM-T20
Cintura	TPO espumado inmoldgrain pintado	Integrado en cuerpo panel (pintado)
Medallón	Fibras Naturales + Textil espumado	Fibras naturales + Textil espumado
Apoyabrazos	PP+EPDM T15 + textil espumado	PP+EPDM-T15 + textil espumado
Fondo Bolsa	PP+EPDM T15	PP+EPDM-T15
Cuerpo Asidero	PA6 (MF25 GF15) pintado	ABS pintado
Tapa Asidero	PC+ABS pintado	*
Manecilla	PA MF25 GF15 cromado	PA6(MF25+GF15) cromado
Marco Manecilla	Integrado en tapa asidero	*
Carcasa Manecilla	PP+EPR-GF25	PA6(MF25+GF15)
Padding	EPP	*
Tapa Altavoz	ABS-PC	ABS/PC
Marco elevallunas electrico.	PC+ABS	*
Manivela elevallunas	*	PA6(MF25+GF15)
Nº Piezas Panel	12	9
Peso global	2997,5 g	2320,5 g
Nº fijaciones	7 clips	7 clips
Ergonomía	3	2
Precio Global Venta	365 €	282 €
Cuerpo Panel	Inyectado	Inyectado
Cintura	Inyect. pintado + Adhesiv. por vacío	Inyectado pintado
Medallón	Termoconf. + Adhesiv. por presión	Termoconf. + Adhesiv. por presión
Apoyabrazos	Inyectado + Adhesiv. por presión	Inyectado + Adhesiv. por presión
Fondo Bolsa	Inyectado	Inyectado
Tapa Asidero	Inyectado + Pintado	Inyectado + Pintado
Manecilla	Inyectado + Cromado	Inyectado + Cromado

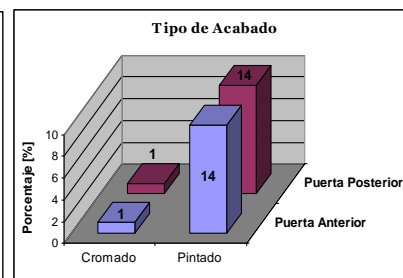
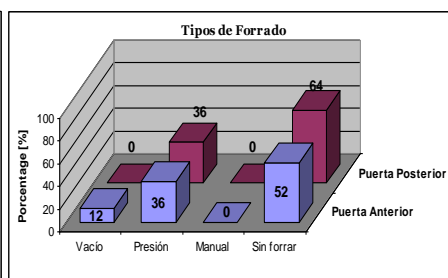
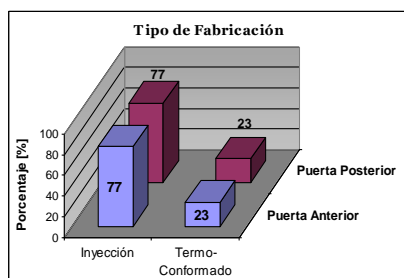


Tabla 3.7: Tabla resumen de fabricación y materiales del Opel Astra

3.6.7 Renault Megane

Marca: Renault
Modelo: Megane
Año: 2009



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PE T15	PE T15
Cintura	PE TD20	PE T15
Medallón	PE TD20 + textil poco espumado	PE TD20 + Textil poco espumado
Apoyabrazos	P/E-T15 + Textil espumado	P/E-T15 + Textil poco espumado
Fondo Bolsa	PE T15	PE T15
Cuerpo Asidero	ABS PC	*
Tapa Asidero	ABS PC	*
Manecilla	PA6 MD40	PA6 MD40
Carcasa Manecilla	ABS	ABS
Padding	PP	*
Tapa Altavoz	ABS/PC GF20	ABS/PC GF20
Refuerzo altavoz	*	*
Tapa Tweeter	*	ABS/PC GF20
Triángulo Anterior	PE T15	*
Marco elevalunas electrico.	ABS	ABS
Manivela elevalunas	*	*
Embellecedor altavoz	ABS/PC GF20 pintado	*
Nº Piezas Panel	14	10
Peso global	2996 g	2357 g
Nº fijaciones	7 clips	8 clips
Ergonomía	3	2
Precio Global Venta	223,3 €	223,3 €
Cuerpo Panel	Injectado	Injectado
Cintura	Injectado	Injectado
Medallón	Injectado + Adhesiv. por presión	Injectado + Adhesiv. por presión
Apoyabrazos	Injectado + Adhesiv. por presión	Injectado + Adhesiv. por presión
Fondo Bolsa	Injectado	Injectado
Tapa Asidero	Injectado	Injectado
Manecilla	Injectado	Injectado

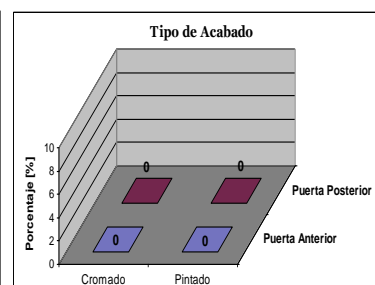
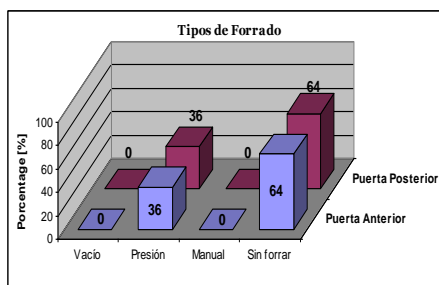
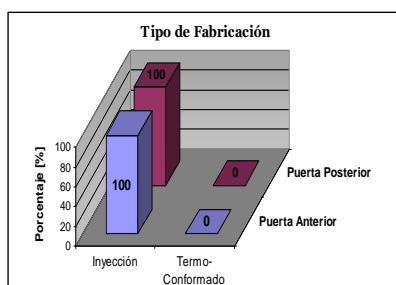


Tabla 3.8: Tabla resumen de fabricación y materiales del Renault Megane

3.6.8 Ford Focus Trend

Marca: Ford

Modelo: Focus Trend

Año: 2008



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP TD20	PP TD20
Cintura	PP TD15 + PVC sin espumar	PP TD15 grabado
Medallón	PP TD20 grabado	PP TD20 grabado
Apoyabrazos	PP TD + PVC sin espumar	PP TD20 grabado
Fondo Bolsa	PP TD20	*
Cuerpo Asidero	PP TD20	PP TD20 grabado
Tapa Asidero	*	PP TD20 grabado
Manecilla	PA6 GF15	PA6 GF15
Carcasa Manecilla	ABS+PA	ABS+PA
Padding	Tiene	*
Tapa Altavoz	Integrado en cuerpo panel	Integrado en cuerpo panel
Tapa Tweeter	Integrado en carcasa manecilla	Integrado en carcasa manecilla
Marco elevallunas eléctrico	Integrado en cuerpo asidero	*
Manivela elevallunas	*	PA6 GF15
Nº Piezas Panel	9	11
Peso global	3253,6 g	1984 g
Nº fijaciones	7 clips	7 clips
Ergonomía	1	2
Precio Global Venta	298,1 €	298,1 €
Cuerpo Panel	Inyectado	Inyectado
Cintura	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado
Medallón	Inyectado	Inyectado
Apoyabrazos	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado
Fondo Bolsa	Inyectado	Inyectado
Tapa Asidero	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado
Manecilla	Inyectado	Inyectado

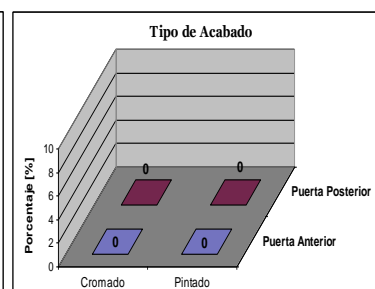
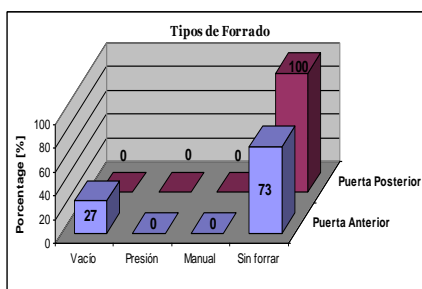
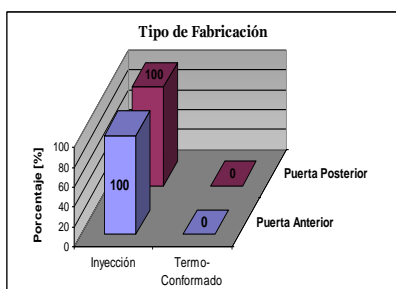


Tabla 3.9: Tabla resumen de fabricación y materiales del Ford Focus

3.6.9 Peugeot 308

Marca: Peugeot

Modelo: 308 hdi sport plus

Año: 2009



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PPHC grabado	PPHC grabado
Cintura	P/EMD20+PVC (folio)	P/EMD20+PVC (folio)
Medallón	P/EMD20+PVC (folio)	P/EMD20+PVC (folio)
Apoyabrazos	PPHC textil espumado	PPHC textil espumado
Fondo Bolsa	P/EMD20+PVC grabado	P/EMD20+PVC grabado
Cuerpo Asidero	ABS+PC	*
Tapa Asidero	ABS+PC (IMD)	*
Manecilla	PA6 GF30 cromado	PA6 GF30 cromado
Marco Manecilla	ABS pintado	ABS pintado
Carcasa Manecilla	PA6-GF30 grabado	PA6-GF30 grabado
Padding	HCPP molded 2 parts	PP
Tapa Altavoz	Integrado en cuerpo panel	Integrado en cuerpo panel
Marco elevavinas electrico.	ABS+PC Pintado soft	ABS+PC Pintado sofá
Tapa Lateral	PPHC	*
Nº Piezas Panel	13	10
Peso global	3421,5 g	2467 g
Nº fijaciones	6 clips	5 clips
Ergonomía	3	2
Precio Global Venta	285 €	285 €
Cuerpo Panel	Inyectado	Inyectado
Cintura	Inyectado + Adhesiv. por vacío	Inyectado + Adhesiv. por vacío
Medallón	Inyectado + Adhesiv. por vacío	Inyectado + Adhesiv. por vacío
Apoyabrazos	Inyectado + Adhesiv. por presión	Inyectado + Adhesiv. por presión
Fondo Bolsa	Inyectado + Adhesiv. por vacío	Inyectado + Adhesiv. por vacío
Tapa Asidero	IMD	Inyectado
Manecilla	Inyectado + Cromado	Inyectado + Cromado

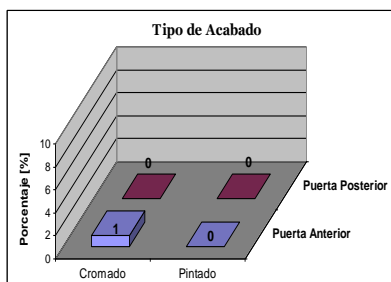
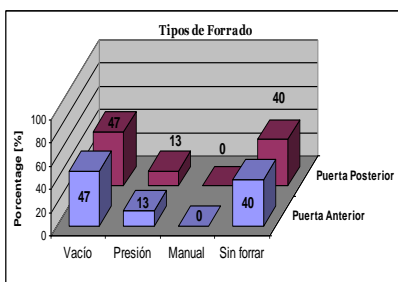
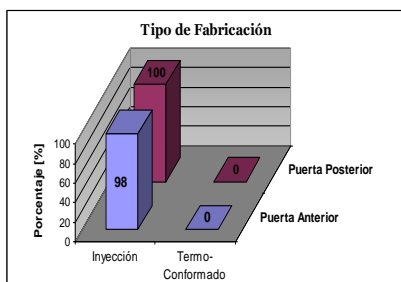


Tabla 3.10: Tabla resumen de fabricación y materiales del Peugeot 308

3.6.10 Toyota Auris D-CAT

Marca: Toyota
Modelo: Auris D-Cat
Año: 2007



	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP/PE	PP/PE
Cintura	ABS TPO	PP/PE
Medallón	Integrado en cintura	Integrado en cintura
Apoyabrazos	PP+PUR+PVC	PP+PUR+PVC
Fondo Bolsa	PP graneado	PP graneado
Cuerpo Asidero	ABS	ABS
Tapa Asidero	ABS pintado plata	ABS pintado plata
Manecilla	PA M40 pintado	PA M40 pintado
Carcasa Manecilla	PA Gf25	PA Gf25
Padding	PUR	PUR
Tapa Altavoz	PP	PP
Tapa Tweeter	PP	*
Marco elevalunas electrico.	ABS	ABS
Manivela elevalunas	*	*
Nº Piezas Panel	12	10
Peso global	2600 g	2365 g
Nº fijaciones	8 clips	7 clips
Ergonomía	4	2
Precio Global Venta	401,2 €	371,7 €
Cuerpo Panel	Inyectado	Inyectado
Cintura	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado
Medallón	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado
Apoyabrazos	Inyectado + Adhesivado por vacío	Inyectado + Adhesiv. por vacío
Fondo Bolsa	Inyectado	Inyectado
Tapa Asidero	Inyectado + Pintado	Inyectado + Pintado
Manecilla	Inyectado + Pintado	Inyectado + Pintado

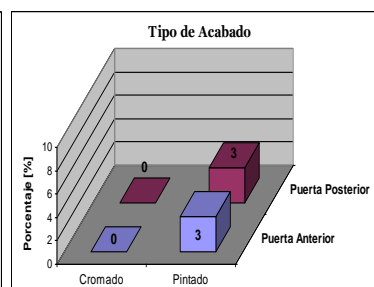
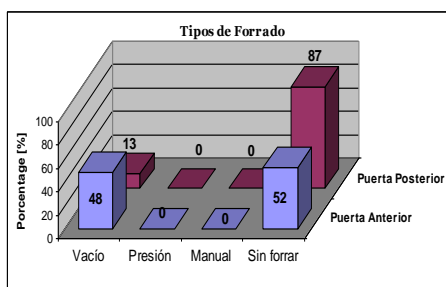
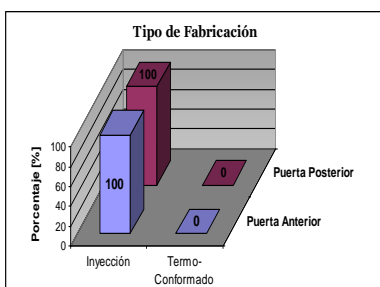


Tabla 3.11: Tabla resumen de fabricación y materiales del Toyota Auris.

4. Estudio del panel puerta del SE370

Una vez realizado un estudio de la competencia se va a tratar de localizar y estudiar posibles mejoras que se han de realizar en el revestimiento interior puerta del SE370. Para ello se analizan 8 aspectos diferenciados para, una vez analizados, escoger alguno y realizar una propuesta de mejora.

4.1 Fijaciones

Teniendo en cuenta que se están buscando mejoras en el revestimiento interior de las puertas (figura 4.1), se ha estudiado la parte que corresponde a la fijación del mismo en la parte chapa de la puerta. En principio cabría destacar la existencia de diferentes tipos de fijaciones así como diferentes modelos dentro de cada tipo de fijación. Esto conduce a pensar que sería posible una mejora tangible principalmente en dos aspectos: la simplificación de tipos de fijación y la disminución del número de fijaciones por revestimiento.

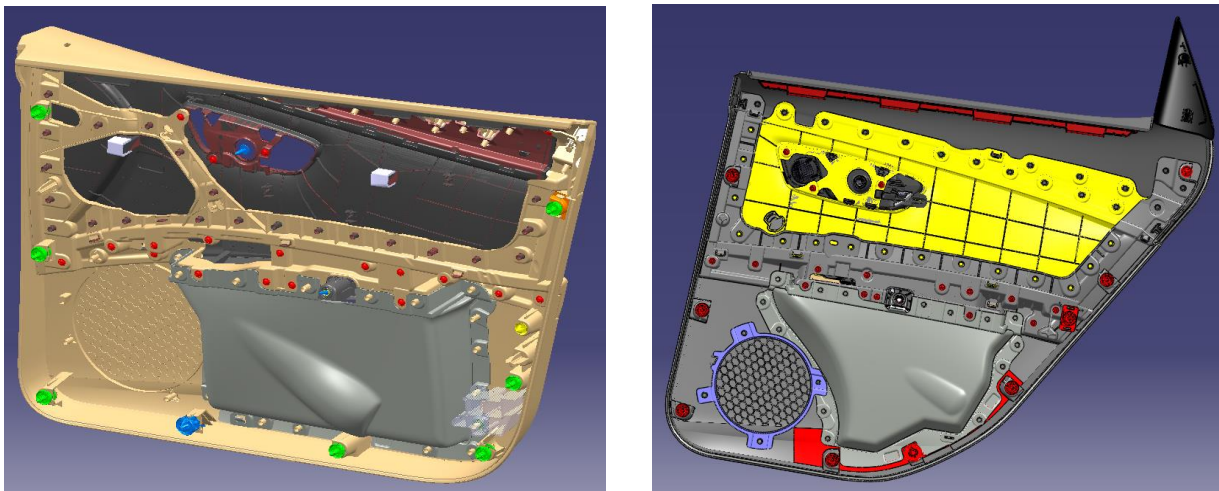


Figura 4.1: Cad del reverso del panel puerta anterior y posterior (de izquierda a derecha) del SE370

En relación al primer aspecto se procede al recuento de número total de fijaciones incluidas en el panel puerta del SE370 (tablas 4.1 y 4.2).

Puerta Anterior	Tornillos para termoplásticos	Tornillos para acero	Clips pequeños	Clips grandes	Súper clips	Puntos de soldadura	Grapas
Revestimiento-Chapa	0	2	1	7	1	0	0
Interior Revestimiento	20	0	0	0	0	58	4
TOTAL	20	2	1	7	1	58	4

Tabla 4.1: Tipos de uniones en el panel-puerta anterior del SE370

Puerta Posterior	Tornillos para termoplásticos	Tornillos para acero	Clips pequeños	Clips grandes	Súper clips	Puntos de soldadura	Grapas
Revestimiento-Chapa	0	0	1	7	1	0	0
Interior Revestimiento	16	0	0	0	0	50	1
TOTAL	16	0	1	7	1	50	1

Tabla 4.2: Tipos de uniones en el panel-puerta posterior del SE370

Se entiende por uniones “Revestimiento-Chapa” únicamente las que tienen como objetivo fijar la totalidad del panel puerta a la parte externa de la puerta (chapa). De la misma manera las uniones “Interior Revestimiento” se refieren a todas aquellas que tienen por finalidad ensamblar todas las piezas del panel puerta (revestimiento) (figura 4.2 a 4.5).

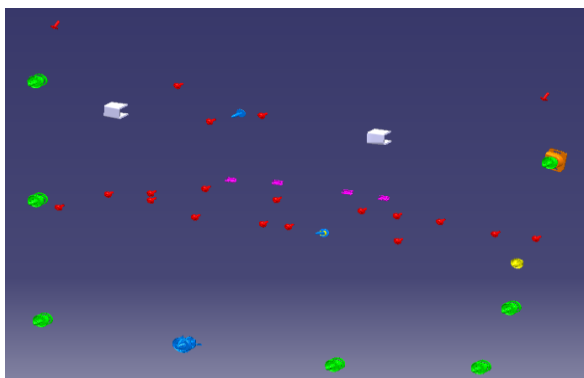


Figura 4.2: Cad de la tornillería y clipajes del panel - puerta anterior del SE370

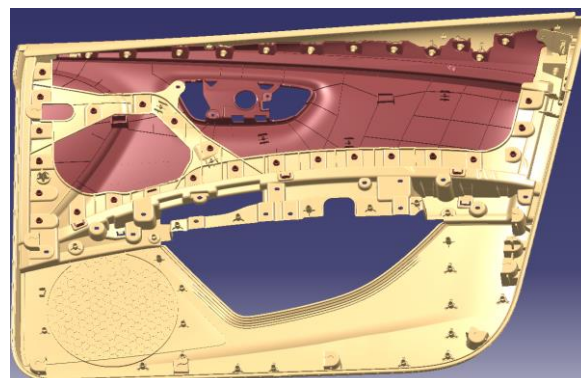


Figura 4.3: Cad del panel-puerta anterior del SE370 sin tornillería ni clipajes

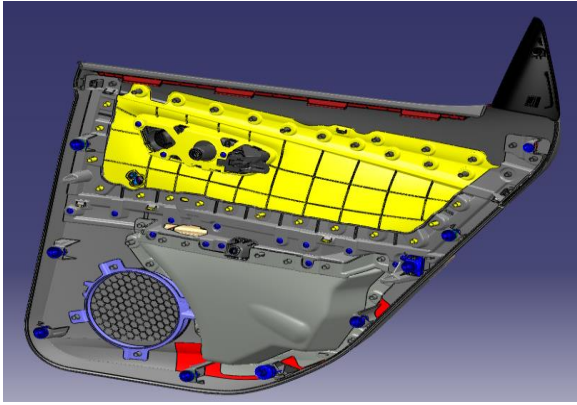


Figura 4.4: Cad de la tornillería y clipajes del panel - puerta posterior del SE370

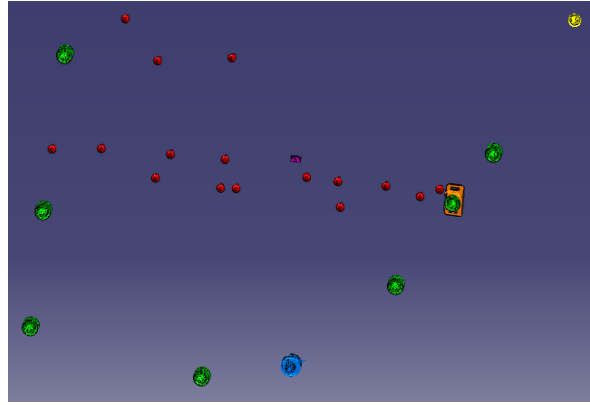


Figura 4.5: Cad del panel-puerta posterior del SE370 sin tornillería ni clipajes

En relación al segundo aspecto se procede a la identificación de los distintos tipos de fijaciones.

- **Tornillo para termoplásticos (TP4) (N.909.187.02)**

Se trata de un tipo especial de tornillos cuyo objetivo es unir plásticos termoplásticos (figura 4.6). Su rosca afilada y especialmente sobresaliente se abre hueco en el material para un mayor agarre al mismo. Suelen utilizarse cuando se quiere asegurar una unión, o la pieza que se ha de unir ha de soportar fuertes solicitaciones. En este caso se usan principalmente para fijar tanto el apoyabrazos como el conjunto manecilla.

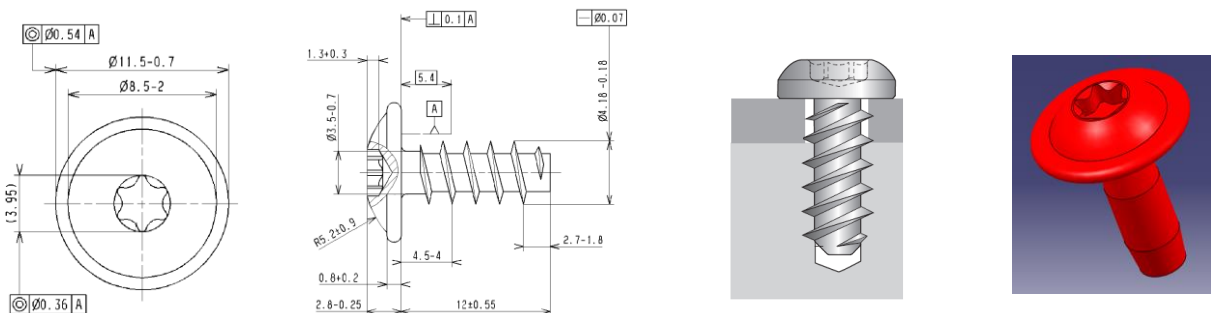


Figura 4.6: Planos, figura y cad del tornillo para termoplásticos (TP4)

- **Clip (5Jo.867.276)**

Su función es idéntica a la de los clips normales. Se suele usar en partes de la puerta en las que por cuestiones de espacio no se puede situar un clip convencional. No permiten movimiento lateral alguno. Se muestra el diseño cad en la figura 4.7.



Figura 4.7: Cad del clip (5J0.867.276)

- **Clip con espiral (7L6.868.243)**

Tienen la función de fijar el revestimiento directamente a la chapa introduciéndose en los colisos de la misma. Al introducirse en el coliso se abren las 4 pestañas que forman el clip quedando fijado a la chapa.

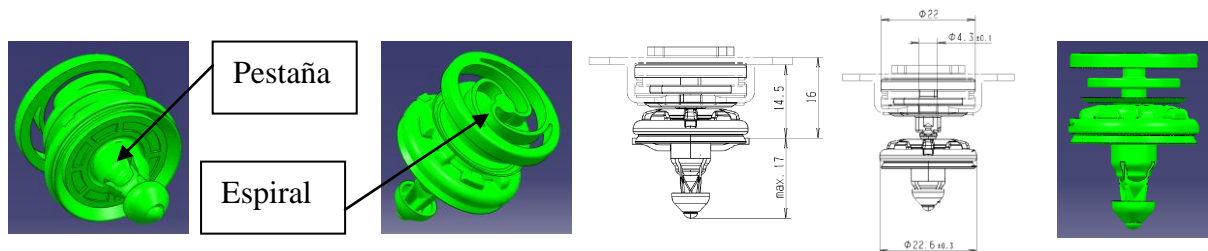


Figura 4.8: Cad y planos del clip con espiral (7L6.868.243)

En la figura 4.8 se observa en la parte inferior del clip un espiral que rodea el eje del mismo. Este espiral permite el movimiento a lo largo y ancho del plano que lo contiene. Esto permite una leve corrección de posición con el objetivo del perfecto encaje del clip en el coliso.

- **Súper clip (4Ho.867.260)**

Como se observa en la figura 4.9 es un sistema con doble fijación: la propia a la deformación + encaje de las pestañas en el coliso de la chapa y la del sombrero que encaja en la base del clip. La base va unida al panel-puerta.

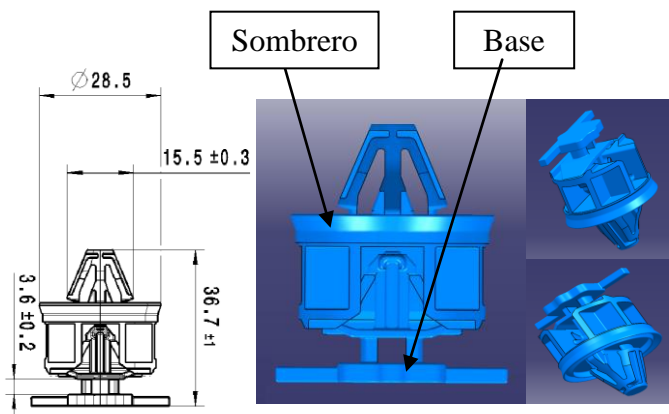


Figura 4.9: Plano y cad del súper clip

- **Grapa (1To.867.947.A)**

Este tipo de fijaciones (figura 4.10) sirven para unir dos piezas de plástico. En la puerta anterior del SE370 se utilizan para unir la tapa de la botonera del elevallunas con el apoyabrazos (figura 4.11).

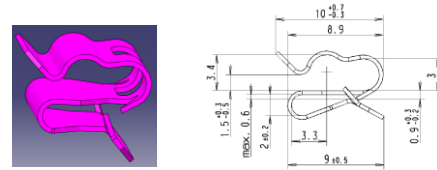


Figura 4.10: Cad y plano de la grapa.

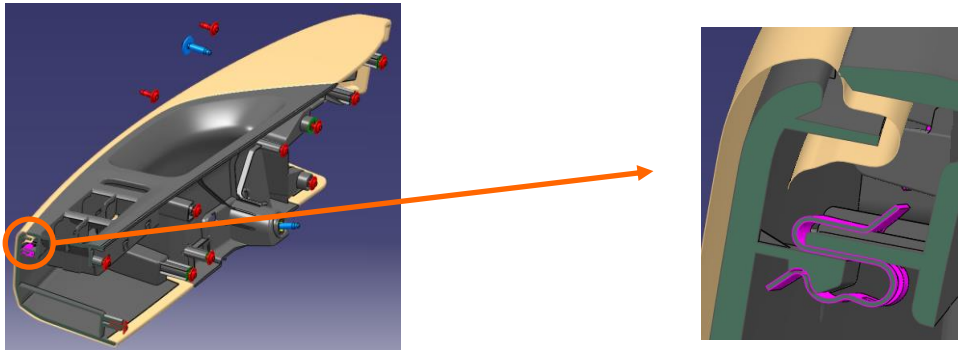


Figura 4.11: Detalle en sección de la grapa uniendo la tapa botonera con el reposabrazos

- **Tornillo para aceros (ST5) (N.911.809.01)**

Son tornillos cuya función es asegurar la unión entre el revestimiento interior de la puerta con el armazón de la chapa (figura 4.12). El apriete se realiza roscando una tuerca por la parte inferior del tornillo hasta su total fijación. En la puerta del SE370 fija directamente a chapa las dos piezas más solicitadas mecánicamente: el conjunto manecilla y el asidero.



Figura 4.12: Cad del tornillo para aceros (ST5)

- **Soldaduras**

Es una técnica de fijación por la que se unen dos piezas gracias a la deformación en caliente de al menos una de las dos piezas con el fin que adopten una forma que las mantenga unidas entre sí. Se muestran las zonas de soldadura en la figura 4.13.

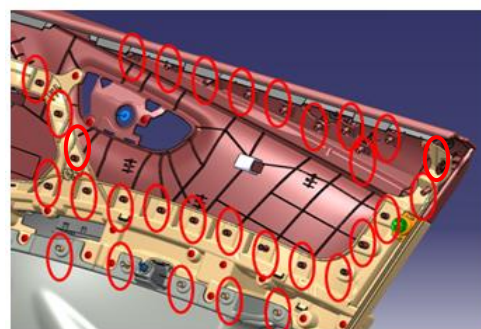


Figura 4.13: Torretas de soldadura

En el panel del SE370 se trata de un tipo de soldadura conocido como “remachado por ultrasonido” (figuras 4.14 y 4.15). El funcionamiento del mismo consiste en calentar el material exponiéndolo a la emisión de ultrasonidos por parte de un sonotrodo por un espacio de tiempo alrededor de los 4 segundos para después hacer bajar el sonotrodo para que deforme el material. De esta manera quedarán unidas las dos piezas. Los ultrasonidos excitan las moléculas del material y hacen que éste se caliente aumentando considerablemente su deformabilidad. Al bajar el sonotrodo le confiere al material la forma final.

Las uniones tipo soldadura y más concretamente las soldaduras por remachado se suelen utilizar en la unión de piezas que no han de soportar grandes solicitaciones mecánicas.

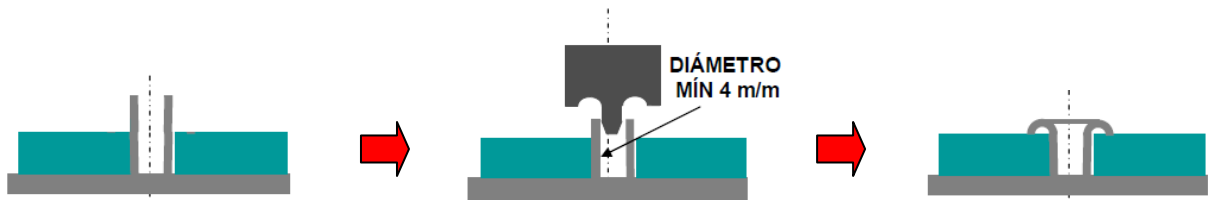


Figura 4.14: Proceso de soldadura



Este tipo de soldaduras permite un ahorro de tiempo de producción ya que al estar muchas de ellas con la misma orientación se pueden hacer todas simultáneamente en una misma operación.

Figura 4.15: Torreta soldada

4.2 Peso

Posiblemente uno de los parámetros más relevantes y que más se tienen en cuenta tanto en el diseño como en el desarrollo de los paneles puerta es el tema del peso. En la mayoría de las ocasiones un mayor peso implica una mayor cantidad de material con su correspondiente incremento de precio. Por otra parte un incremento de peso en la puerta conlleva un mayor consumo de gasolina.

Por estas y otras razones como serían el aspecto medioambiental, reciclabilidad, etc..., se tiende a minimizar el peso de los revestimientos internos, siempre teniendo

en cuenta el cumplimiento de las solicitudes térmicas y mecánicas impuestas por el consorcio con tal de cumplir con las exigencias a las que se verán sometidas las piezas a lo largo de su vida útil.

Es por eso que se realiza en la tabla 4.3 un resumen con las diferentes partes de la puerta y sus correspondientes pesos a modo de poner de relieve las partes que contribuyen más al total del peso del panel. De esta forma se consigue resaltar qué partes a priori ofrecen un mayor margen de reducción de peso.

	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cintura (*)	407 g	382 g
Medallón (*)	747 g	513 g
Apoyabrazos (*)	430 g	430 g
Cuerpo panel (*)	1225 g	932 g
Fondo bolsa (*)	401 g	294 g
Tapa botonera	177 g	116 g
Conjunto manecilla	172 g	192 g
Tapa manecilla	12 g	12 g
Listón lamelunas	72 g	87 g
Distancial altavoz (*)	55 g	33 g
Tapa altavoz (*)	9 g	9 g
Tapa tweeter	*	5 g
Padding	69 g	*
Casquillo led	0,6 g	*
Tapa fijación	9 g	11 g
Triángulo interno	*	36 g
Conj. Alzacrist. manual	*	49,5 g
TOTAL	3785,6 g	3101,5 g

Tabla 4.3: Pesos de las piezas del panel puerta del SE370

(*) A primera vista podría parecer incoherente el peso reflejado en la anterior tabla con el peso que se muestra en el benchmarking. La diferencia radica en el número de elementos que se han tenido en cuenta. Durante el benchmarking se han obviado algunas piezas con tal de conseguir una comparación equiparable entre todas las marcas. Dado que algunos de los modelos son prototipos que aún no han salido al mercado y sólo se pueden obtener datos de los planos oficiales, sólo se han tenido en cuenta los elementos que aparecían integrados en el panel puerta en dichos planos.

En las figuras 4.16 y 4.17 se muestran la totalidad de elementos que conformarán tanto la puerta anterior como posterior del SE370.



Figura 4.16: Explosionado de las piezas de la puerta anterior del SE370

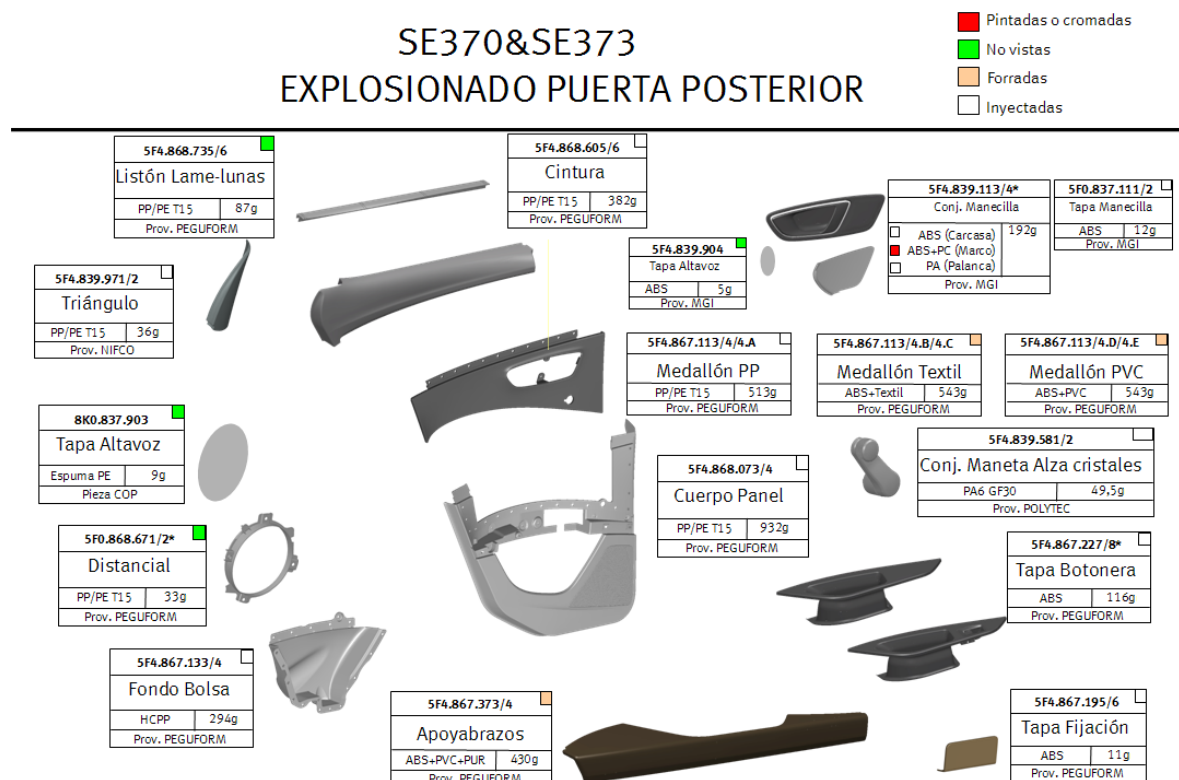


Figura 4.17: Explosionado de las piezas de la puerta posterior del SE370

Se observa que por lo menos el 79% del peso de la puerta está conformado únicamente por 5 piezas (cuerpo panel, cintura, medallón, apoyabrazos y fondo bolsa). Con el objetivo de encontrar alguna pieza que sea claramente superior en peso en relación a otras marcas se hace una comparativa de peso de estas cinco piezas entre los diferentes modelos del consorcio dentro del mismo segmento (tabla 4.4).






	 SE370	 VW370	 VW364	 SK 37	 AU370
Cuerpo Panel	1225/932	1302/1098	1750/ -	672/652	850/675
Medallón	747/512	199/189	480/ -	781/577	630/590
Cintura	407/382	424/333	674/ -	442/413	850/550
Apoyabrazos	430/344	108/100	260/ -	210/211	122/121
Fondo Bolsa	401/294	383/175	113/ -	374/220	340/260
Total	3210/2464	2416/1895	3277/ -	2479/2073	2792/2196
Porcentaje	86%/86%	78%/79%	97%/-	86%/84%	91%/94%

Tabla 4.4: Comparativa de pesos en gramos. Nomenclatura [Puerta Anterior/Puerta Posterior]

En el SE370 se ha tenido en cuenta en el peso total la suma del peso de todas las piezas (no el del benchmarking) y por eso las 5 piezas principales representan menos porcentaje en peso con respecto al total. En el caso del VW370 y el SK37 el porcentaje bajo es debido a que no hemos tenido en cuenta el embellecedor manecilla ni la tapa altavoz ni el asidero en la suma del peso total al no aparecer en el plano.

Se observa que no hay ningún valor de peso que sea claramente superior en el SE370. El único valor que es superior en el SE370 es el apoyabrazos y es debido al tamaño del mismo que es mayor que en el resto de modelos. Pero en lo relativo al peso global se observa que es más pesado que el resto exceptuando al VW364 que al ser un modelo coupé su puerta anterior es notablemente más grande.

Mirando la tabla 4.4 se podría sacar la conclusión que no hay ninguna pieza que haga subir especialmente de peso al panel, sino que, en caso de minimizar el peso del revestimiento habría que mirar de lograrlo en todas y cada una de las piezas.

Si que cabría destacar la disminución de peso de los medallones y apoyabrazos del VW370 respecto al resto de modelos al estar confeccionado con fibras naturales conglomeradas con resina en lugar de plástico. Este punto también se demuestra en el mucho menor peso del apoyabrazos del VW364 en relación al SE370 (teniendo aproximado tamaño), siendo termo-conformado con fibras naturales en el VW364 e inyectado plástico en el SE370.

4.3 Materiales

La selección de material es un proceso complejo en el que deben analizarse cuidadosamente el modo de trabajo de una pieza y las exigencias que debe cumplir, los *requisitos estructurales* (magnitud de la carga a que está sometida la pieza, régimen y duración de la misma, rigidez, impacto, vibraciones, ...), *entorno previsto* (temperaturas de trabajo, agresiones químicas, radiación, ...), *ensamblaje* (tipo de unión a las piezas anexas), *operaciones secundarias* (pintado, estampación, adhesivado, ...), *objetivos de coste* y cumplimiento de la *normativa vigente* entre otros.

Por otro lado, la mayor parte de la sensación de calidad apreciada por el cliente recae sobre el material que conforma cada una de las partes del panel puerta. Esto se incrementa en los paneles-puerta del coche ya que están en contacto directo con los ocupantes. Influyen en la definición de esta sensación cuatro de los cinco sentidos que posee el ser humano, que son: la vista, el oído, el olfato y el tacto.

Vista → En la percepción tanto del propio material como en los acabados superficiales del material, color, brillo, etc.

Oído → Queda reflejado en el sonido que se produce al golpear los materiales. Especialmente queda reflejado en el sonido de la maneta al accionarla y cuando vuelve a su posición de reposo.

Olfato → Es posiblemente el sentido menos importante de los que influyen en la percepción de calidad. Únicamente influye si los materiales desprenden olores agresivos.

Tacto → Capta la sensación de textura, dureza, deslizamiento, fibrosidad, sensación térmica, etc. que influye directamente en el confort (figura 4.18).



Figura 4.18: Diferentes graneados del material PVC

Todo lo relacionado con el estudio de sensaciones percibidas por el cliente se llama háptica (explicado en anexo C).

Un aspecto que viene totalmente relacionado y que influye directamente en la elección del material es el presupuesto disponible. Es por eso que se ofertan diferentes materiales según diferentes acabados del coche que influirán en el precio final del vehículo. En este estudio se tiene en cuenta el acabado más básico del SE370 que es el “Emotion”.

Se han de buscar materiales que además de cumplir con el presupuesto y dar una cierta sensación de calidad han de cumplir con ciertos requisitos como una resistencia tanto al rayado (según norma PV3952) como al efecto escritura (según norma PV3974). También se ha de mirar que no puedan acumular carga electrostática que produzca una acumulación de polvo en su superficie.

Algún material está prohibido (según la norma VW50180) por el desagradable o tóxico olor que puede producir dentro del habitáculo del coche.

En la tabla 4.5 se presentan los materiales que componen las principales piezas del SE370.

	Puerta Anterior	Puerta Posterior
Cuerpo Panel	PP/PE T15	PP/PE T15
Cintura	■ABS + PVC espumado	PP/PE T15
Medallón	PP/PE T15	PP/PE T15
Apoyabrazos	■ABS+PUR+PVC	■ABS+PUR+PVC
Fondo Bolsa	HCPP	HCPP
Cuerpo Asidero	■ABS	■ABS
Manecilla	PA6 GF30	PA6 GF30
Marco Manecilla	ABS/PC pintado negro brillante	ABS/PC pintado negro piano
Tapa Manecilla	■ABS	■ABS
Carcasa Manecilla	■ABS	■ABS
Listón lame-lunas	■ABS	PP/PE T15
Padding	PP/PE T15	*
Tapa Altavoz	Espuma PE(tapa el hueco del altavoz)	Espuma PE
Tapa Tweeter	*	ABS
Distancial Altavoz	PP/PE T15	PP/PE T15
Tapa Fijación	■ABS	■ABS
Triángulo Interno	*	PP/PE T15
Casquillo LED	ASA+PC	*
Marco elevalunas eléctrico	Integrado en cuerpo asidero	*
Manivela elevalunas	*	PA6/PA6 GF30/PP

Tabla 4.5 Materiales de las piezas que forman la puerta del SE370

Se han expuesto en la tabla 4.6 las principales propiedades que se deben tener en cuenta de los materiales utilizados en el panel-puerta.

■ABS [BASF/Terluran HH 106]

Resistencia a la tracción (MPa)	51
Resiliencia ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$) [a 23°C]	17
Resistencia a la flexión (MPa)	72
Densidad ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,05
Precio ($\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$)	2,34

HCPP [HOSTACOM PPUX 9067HS]

Punto de fluencia (MPa)	26
Resistencia a la compresión (MPa)	-
Resistencia a la flexión (MPa)	-
Densidad ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	0,91
Precio ($\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$)	1,6

PP/PE T15 [HOSTACOM EKC 133]

Punto de fluencia (MPa)	20
Resistencia a la compresión (MPa)	-
Resistencia a la flexión (MPa)	-
Densidad ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,02
Precio ($\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$)	2,195

PA6 GF30 [AKULON K224G6]

Resistencia a la tracción (MPa)	110
Resistencia a la compresión (MPa)	30
Resistencia a la flexión (MPa)	36,5
Densidad ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,35
Precio ($\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$)	3,32

ABS PC [Bayblend T45PG]

Resistencia a la tracción (MPa)	52
Resistencia a la compresión (MPa)	77
Resistencia a la flexión (MPa)	91
Densidad ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,1
Precio ($\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$)	4

ASA PC [Luran SC 2861]

Resistencia a la tracción (MPa)	78
Resiliencia (MPa)	-
Resistencia a la flexión (MPa)	>70
Densidad ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,08
Precio ($\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$)	1,14

■ABS [Magnum 3416]

Resistencia a la tracción (MPa)	51
Resistencia a la compresión (MPa)	59,3
Resistencia a la flexión (MPa)	76
Densidad ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,05
Precio ($\text{€}\cdot\text{kg}^{-1}$)	2,34

Espuma de PE

- Peso ligero. Densidad = $1,15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- Utilizable en un amplio rango de temperaturas. Resistente a los rayos UV.
- Resistente a la humedad (células cerradas)
- Aislamiento térmico (células cerradas)
- Elástica y flexible, buena protección en caídas.

Tabla 4.6: Características de los materiales utilizados en la puerta del SE370

Echándole un vistazo a las propiedades de los principales materiales usados en la puerta se puede deducir el porqué del uso de los diferentes materiales, y es por eso que el proveedor no informa de todas las propiedades de cada material sino de las más relevantes según el uso que se le va a dar (Anexo D).

En primer lugar se observa que la parte que más volumen de material tiene es el cuerpo panel elaborado con PP. El cuerpo panel es una pieza que no ha de sufrir unas exigencias mecánicas excesivas así que se ha buscado un material especialmente poco pesado y de precio no muy elevado. Se observa que el material que cumple con estos requisitos es el PP. Aunque el PE es más barato se estima más valioso el decremento de peso que el incremento de coste. En este caso se mezcla con PE y talco con el objetivo de aumentarle un poco la resistencia.

También se observa que en las piezas que han de resistir más exigencias tanto mecánicas como térmicas (exposición al sol) se suele usar el ABS, ya que es un plástico con mejores condiciones mecánicas aunque más pesado y caro. Si la exposición a la luz solar es constante se usa ASA/PC, que tiene un excelente comportamiento en estas condiciones.

El fondo bolsa está constituido por polipropileno de alta cristalinidad (HCPP). Posee prácticamente las mismas propiedades que el PP pero con la peculiaridad de que aumenta la resistencia al rayado.

Por último, en las zonas de exigencia mecánica extrema, como puede ser la manivela elevallunas o la manecilla, se usa PA (normalmente el tipo PA6) que tiene una alta resistencia mecánica. No se tiene muy en cuenta el peso o coste ya que son piezas relativamente pequeñas y el objetivo principal es que soporten las exigencias a las que son sometidas. Alguna pieza viene reforzada con fibra de vidrio, lo que le confiere aún más resistencia.

Se expone en la tabla 4.7 los principales esfuerzos mecánicos a los que se ven expuestas las diferentes piezas.

Piezas	Esfuerzos exigidos
Cuerpo Panel	Dilatación, Flexión, Cizalladura
Cintura	Dilatación, Compresión
Medallón	Dilatación, Flexión
Apoyabrazos	Dilatación, Compresión, Flexión
Fondo Bolsa	Dilatación, Tracción
Cuerpo Asidero	Dilatación, Cizalladura, Torsión
Manecilla	Dilatación, Flexión
Marco Manecilla	Dilatación, Flexión
Tapa Manecilla	Dilatación
Carcasa Manecilla	Dilatación, Tracción
Listón lame-lunas	Dilatación, Compresión
Padding	Dilatación, Compresión
Tapa Altavoz	Dilatación, Flexión
Tapa Tweeter	Dilatación, Flexión
Distancial Altavoz	Dilatación
Tapa Fijación	Dilatación
Triángulo Anterior	Dilatación
Casquillo LED	Dilatación
Marco elevallunas eléctrico	Dilatación, Compresión
Manivela elevallunas	Dilatación, Flexión, Torsión

Tabla 4.7 Principales esfuerzos a soportar por las piezas del panel-puerta.

La dilatación es un factor común a todas las piezas ya que todas ellas habrán de soportar altas temperaturas a lo largo de su vida útil, cuando por ejemplo esté el coche estacionado durante un largo periodo de tiempo expuesto directamente al sol.

4.3.1 Forrados

El forrado es el proceso por el cual se cubre la pieza de plástico que sale del molde con un folio de plástico (figura 4.19). Normalmente el plástico es de algún tipo de PVC y en algunos casos entre la pieza de plástico y el folio va una capa de material espumado que le confiere ese tacto soft que aumenta la sensación de confort.

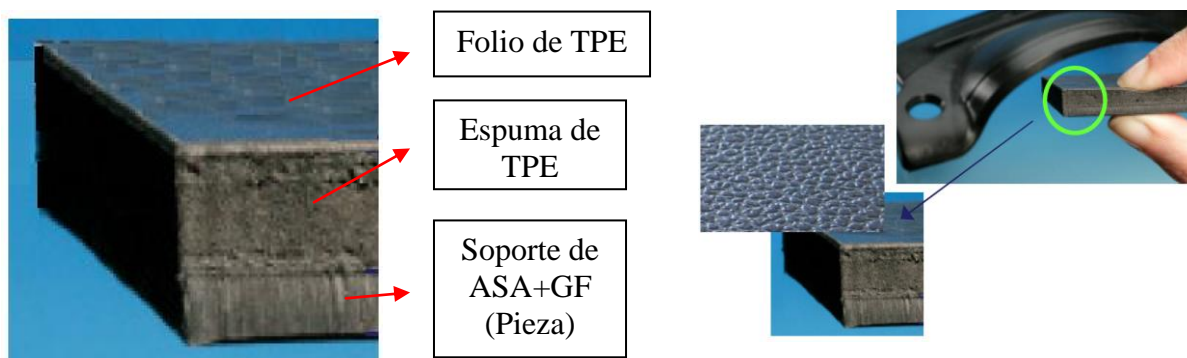


Figura 4.19: Composición de las piezas forradas

Existen principalmente tres maneras de forrado dependiendo del material de forrado:

- *Forrado por vacío:*

Se dispone de un molde con la pieza encima y se coloca el folio que habrá de forrar la pieza de tal manera que cierre herméticamente con el molde. Una vez colocado se crea el vacío entre la pieza y la lámina quedando adherida a la pieza.

Suele aplicarse a las piezas que se han de forrar con láminas de algún derivado del PVC ya que éste no permite el flujo de aire a través suyo.

En el SE370 se aplica tanto en la cintura como en el apoyabrazos.

- *Forrado por presión:*

Se disponen de un molde con la forma de la pieza que se ha de forrar. Se coloca la lámina del material que ha de forrar la pieza estirada sobre el molde y por último baja un punzón con la pieza comprimiendo la lámina entre el molde y la pieza (figura

4.20). El material adhesivo puede llevarlo incorporado la misma pieza que se ha de forrar o la espuma.

Suele aplicarse a las piezas que se forran con tejidos ya que son materiales porosos y es imposible aplicarle el forrado por vacío. En el SE370 no se utiliza esta técnica en ninguna pieza.



Figura 4.20: Procedimiento de forrado a presión

- *Forrado a mano:*

Se adhesiva manualmente el folio a la pieza y se procede al cosido también a mano para darle un acabado exclusivo. Suele aplicarse en coches de gama alta cuando se aplican materiales más nobles como piel o cuero.

En el SE370 no se utiliza esta técnica en ninguna pieza.

4.4 Cromados y pintados

Parte de los detalles de acabado que le pueden conferir un adorno diferencial o, en algunas ocasiones, un cariz de exclusividad al panel puerta son las piezas cromadas o pintadas.

4.4.1 Cromado

Cromar una pieza consiste en conseguir cubrir la superficie de la pieza con una capa muy fina de cromo con tal que quede con un aspecto plateado brillante.

Existen principalmente dos maneras de cromar las piezas: la convencional y el cromatipic.

La **forma convencional** consiste en darle a la pieza repetidos baños en diferentes disolventes con el fin de aplicarle finalmente un tratamiento electrolítico que consiga que afloren las partículas de cromo a la superficie de la pieza (figura 4.21). Este tratamiento solo puede aplicarse a unos escasos materiales que responden adecuadamente a este tratamiento (ABS, ABS/PC,...)

El **cromatipic** consiste en aplicar una única capa (“interface”) entre la pieza y el cromo con el objetivo de que el mismo quede adherido a la pieza. Cada material necesitará una “interface” diferente. El proceso consiste en introducir la pieza con la capa “interface” en una cámara al vacío con un trozo de cromo dentro de la misma. A través de un proceso de sublimación del cromo se adhiere a la superficie de la pieza quedando una finísima capa de cromo sobre la pieza (figura 4.21).

Ventajas del cromatipic sobre la forma convencional es que aplicando una “interface” adecuada se pueden cromar prácticamente la totalidad de los materiales y además la capa de cromo es tan fina que puedes deformar el material sin que se desconche la capa de cromado.

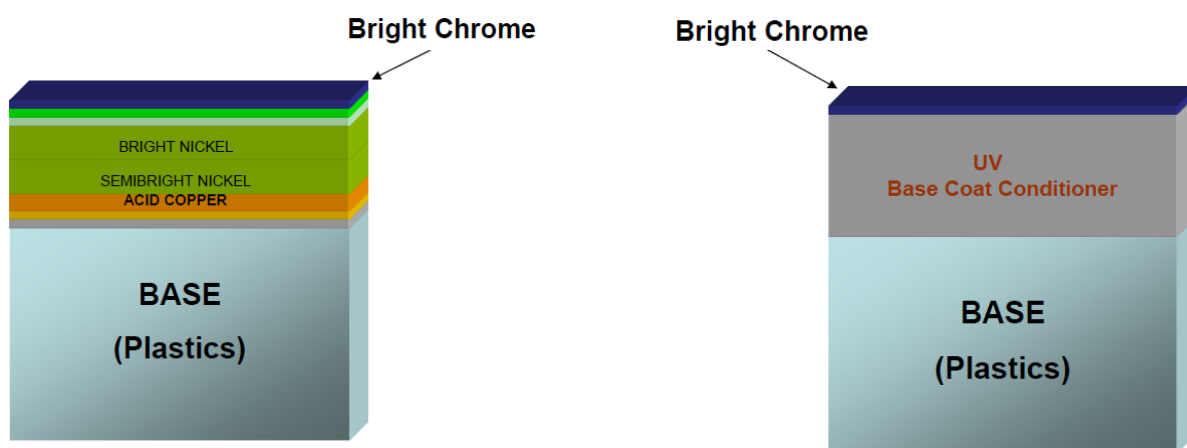


Figura 4.21: Composición de las capas de una pieza cromada convencional (izquierda) y una Cromatipic (derecha)

Existen varios cromados en el SE370 como en el marco de la manecilla o en el embellecedor del altavoz, aunque en el acabado “reference” no se aplique en ninguna pieza.

4.4.2 Pintado

El proceso de pintado no es más que aplicar una capa de pintura buscando un determinado acabado superficial. Se podría clasificar el tipo de pintura en brillantes y mates.

En las piezas pintadas con pintura brillante se les aplica una emisión de rayos ultravioleta con el fin de endurecer la capa pintada y evitar el fácil rayado que resaltaría mucho al ser una superficie brillante. Este proceso es de obligatoria aplicación en las piezas que son susceptibles de ser frecuentemente manipuladas (manecillas, asideros,...). En el acabado “reference” está la posibilidad de montar el marco de manecilla pintado en negro piano (brillante).

4.5 Número de piezas

Como todas las partes del coche la sección panel puerta está conformada por diversas piezas unidas entre sí de diferentes formas. No se puede determinar a priori si es mejor buscar un número mínimo de piezas o un número elevado ya que dependerá del aspecto que se desee mejorar. Si se desea mejorar el tiempo de montaje, muy posiblemente se desee un número mínimo de piezas ya que se necesitarán menos operaciones de ensamblaje pero si se mirara la simplificación de formas en los moldes o la aplicación de diferentes materiales en cada pieza posiblemente se buscaría separar el panel puerta en un mayor número de partes.

Se podría hacer un estudio de qué aspecto reduciría el coste global del panel puerta (tiempo de montaje, nº de moldes diferentes,...). Por otra parte sería necesario hacer otro estudio sobre el sobrecoste que representaría el hecho de reducir o aumentar el número de piezas (nuevos moldes, soldaduras,...).

Para situar el despiece del panel en el contexto de la competencia dentro del consorcio se procederá a realizar una comparativa reflejada en las tablas 4.8 y 4.9.






Puerta Anterior	 SE370	 AU370	 VW370	 VW364	 SK 37
Cuerpo Panel					
Cintura					
Medallón					
Apoyabrazos					
Fondo Bolsa					
Cuerpo Asidero					
Tapa Asidero					
Manecilla					
Marco Manecilla					
Tapa Manecilla					
Carcasa Manecilla					
Embelledor Manecilla					
Listón lame-lunas					
Padding					
Tapa Altavoz					
Tapa Tweeter					
Distancial Altavoz					
Tapa Fijación					
Triángulo Anterior					
Casquillo LED					
Marco elevalunas elec.					
Manivela elevalunas					
Embelledor altavoz					
Difusor de luz altavoz					
Refuerzo del altavoz					
TOTAL	15	16	15	14	14

Tabla 4.8: Número de piezas de las puertas anteriores.






Puerta Posterior	 SE370	 AU370	 VW370	 VW364	 SK 37
Cuerpo Panel					
Cintura					
Medallón					
Apoyabrazos					
Fondo Bolsa					
Cuerpo Asidero					
Tapa Asidero					
Manecilla					
Marco Manecilla					
Tapa Manecilla					
Carcasa Manecilla					
Embelledor Manecilla					
Listón lame-lunas					
Padding					
Tapa Altavoz					
Refuerzo Altavoz					
Tapa Tweeter					
Distancial Altavoz					
Tapa Fijación					
Triángulo Posterior					
Casquillo LED					
Marco elevalunas elec.					
Manivela elevalunas					
TOTAL	16	12	14		13

Tabla 4.9: Número de piezas de las puertas posteriores.

■ El panel puerta contiene esta pieza.

■ El panel puerta no contiene esta pieza.

Con estos datos se podría hacer un balance con el objetivo de determinar cuál sería el número medio de piezas que conforman el panel puerta de los modelos del mismo segmento.

4.6 Reciclabilidad

Afortunadamente en el transcurso de las últimas décadas se le ha ido dando más importancia al cuidado del medio ambiente procurando con justificada insistencia un desarrollo sostenible.

Dentro del mundo del desarrollo y fabricación de los paneles puerta existen muchos aspectos que podrían comprometer el cumplimiento de un desarrollo sostenible. Sin duda uno de ellos es la reciclabilidad de los materiales que conforman el panel puerta una vez éste ha llegado al fin de su vida útil.

A la hora de diseñar la puerta, en el apartado de elección de materiales, se tiene en cuenta el impacto ambiental que éstos producirán y como contribuirán en el proceso de reciclaje con el objetivo de dar cumplimiento a la normativa **2005/64/CE** que se especifica en anexos.

Nota	Aceros	Aleaciones ligeras	Metales no férricos	Polímeros	Vidrio	F.Textiles	F.Naturales
10	Fundición Aceros aleados Sinterizados	Aleaciones de Al Aleaciones de Mg Aleaciones de Ti	Rodio / Platino Plomo (baterías) Zinc / Estaño Aleaciones de Cu Cobre	PP, PE PMMA ABS PC, PA Poliuretanos POM PVC	Cerámica Cristal templado Cristal laminado	GF Aramida PP PAN PET PVC	Yute Algodón Sisal Coco Ramio Lino Cañamo
9							
8							
7							
6							
5							
4							
3							
2							
1							
0	Pb, Cr (6+) Hg, Cd Materiales prohibidos descritos en la directiva, materiales peligrosos s/n VDA 232-101, VW 91101 Asbestos						

Figura 4.22: Clasificación de distintos materiales según contaminación y dificultad de reciclaje.

La figura 4.22 se trata de una clasificación cualitativa referente al perjuicio producido al medioambiente y dificultad de reciclado de los materiales más usados en la confección de la totalidad del coche.

Actualmente está en vigor la directiva europea relativa a la homologación del vehículo desde el punto de vista del reciclaje **2005/64/CE** cuyo punto que más afecta a la elección de materiales del panel puerta es el siguiente:

- **Únicamente podrán comercializarse los vehículos que sean reciclables en un mínimo del 95 % en masa.**

También es conocida la norma que entrará en vigor en el año 2015 (figura 4.23) en la que no solo se exigirá que el 95% en masa del coche sea potencialmente reciclable sino que se ejecute en los puntos de recogida de los coches que han llegado al final de su vida útil.

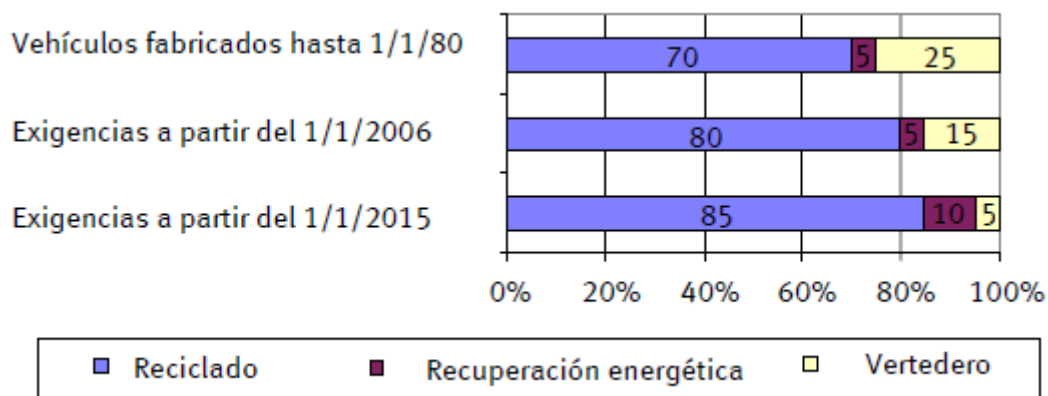


Figura 4.23: Normativa de reciclabilidad en automoción

Sabedores de la importancia que tiene un correcto reciclado sería de gran interés saber qué tipo de reciclado necesita cada uno de los materiales utilizados en el revestimiento.

Es una realidad que la mayoría de los materiales reciclables que llegan al final de su vida útil nunca llegan a ser reciclados. Esto sucede con la totalidad de materiales pero sobre todo en los materiales plásticos debido tanto a su relativa “juventud” en

relación a los materiales convencionales como a la enorme variedad y bajo coste de materia prima.

4.6.1 Tipos de reciclaje

En el ámbito de los polímeros existen principalmente cinco tipos de reciclaje que son:

- *Producto reciclado*: se trata de reutilizar la misma pieza sin modificarla física ni químicamente.
- *Reciclado mecánico*: consiste en moler el material para fundirlo y dotarlo de una nueva forma.
- *Reciclado químico*: consiste en descomponer el material en sus componentes químicas básicas para poder reutilizarlas en un nuevo proceso químico para conformar de nuevo el material.
- *Recuperación de energía*: se trata de utilizar el material como combustible y de esta manera obtener energía térmica útil.
- *Tratamiento térmico*: se fundamenta en la reducción máxima del material y eliminación de contaminantes no útiles para una próxima utilización del material.

No todos los tipos de reciclado tienen el mismo impacto contaminante ni confieren la misma calidad al material reciclado. Se observa cualitativamente en la figura 4.24.

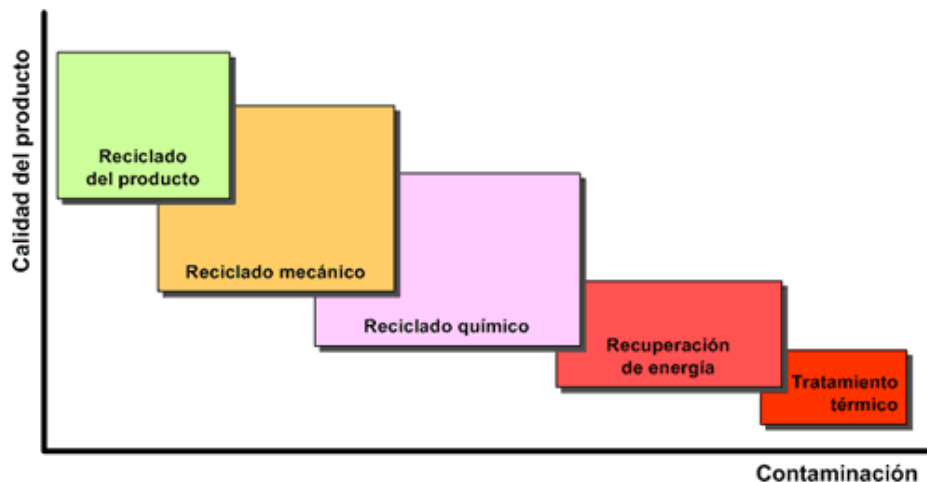


Figura 4.24: Clasificación de los tipos de reciclado de materiales plásticos.

Se realizará en la tabla 4.10 un resumen de materiales del panel puerta que se pueden reciclar, modo de reciclaje y contaminación [Villacampa M^a del Mar, Medio ambiente producto, Abril-2013].

Materiales a reciclar	Modo de reciclaje	Contaminación
PP/PE T15	Reciclado mecánico Recuperación de energía	Media-Baja Media-Alta
PP	Reciclado mecánico Recuperación de energía	Media-Baja Media-Alta
HCPP	Reciclado mecánico Recuperación de energía	Media-Baja Media-Alta
PE espuma	Reciclado químico Reutilización	Media Baja
ABS	Reciclado mecánico (si no tiene aditivos nocivos) Reciclado químico o térmico (si tiene aditivos nocivos)	Media-Baja Media o Alta
ABS/PC	Reciclado mecánico	Media-Baja
PA6	Reciclado mecánico	Media-Baja
PA Gf30	Reciclado mecánico	Media-Baja
PVC	Reciclado químico Recuperación de energía	Media Media-Alta
ASA	Reciclado mecánico	Media-Baja
PUR	Reutilización Reciclado químico	Baja Media

Tabla 4.10: Reciclaje de los materiales utilizados en la puerta

Los materiales al ser reciclados mecánicamente pierden ciertas propiedades mecánicas con lo que al cabo de una serie de reciclados quedan inservibles para su uso en una nueva pieza y se procede a su combustión con el objetivo de extraer la máxima energía térmica que puedan ofrecer.

Queda de manifiesto la variedad de modos de reciclaje necesarios para el reciclaje de cada panel puerta. Un punto importante sería lograr la confección de la puerta con la mínima variedad de materiales con el objetivo de minimizar la dificultad de separación de materiales para su posterior reciclaje.

4.7 Modos de fabricación

La mayoría de piezas de plástico que forman los revestimientos interiores puerta de cualquier marca y modelo están confeccionados mediante dos tipos de fabricación: por termo-conformado o por inyección.

Existen multitud de técnicas diferentes de termo-conformado pero en la industria de la automoción se usa de manera casi exclusiva el termo-conformado por presión, también llamado conformado por molde coincidente (figura 4.25).

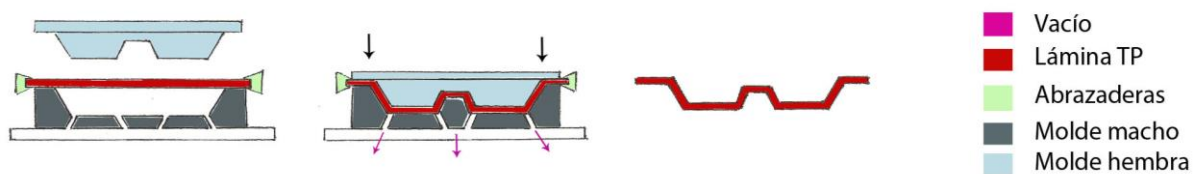


Figura 4.25: Proceso de la obtención de piezas por termo-conformado

Consiste en calentar la lámina de material plástico que se ha de conformar y se coloca encima del molde hembra sujeta con abrazaderas. Posteriormente se hace descender el molde macho adoptando el plástico la forma del mismo. Se puede ayudar a la obtención de la forma aplicando vacío entre la pieza y el molde hembra.

Este sistema de suele aplicarse a las piezas elaboradas con fibras naturales unidas con un aglomerante plástico o resina.

La técnica más utilizada es, sin duda, el moldeo por inyección. Esta técnica consta de un molde, y una máquina inyectora de plástico. Se introduce la grana del material plástico que conformará la pieza. Esta grana recorre el usillo de la máquina que mientras hace avanzar el material le va subiendo la temperatura hasta fundirlo. Por último se inyecta el material en el molde. Una vez se ha llenado la cavidad del molde

de material plástico fundido se refrigera el molde y se mantiene unos segundos a la espera de que solidifique la pieza. Una vez solidificada se abre el molde y cae la pieza terminada.

Particularizando para el caso del SE370 todas las piezas del panel puerta están fabricadas en moldeo por inyección (figura 4.26).

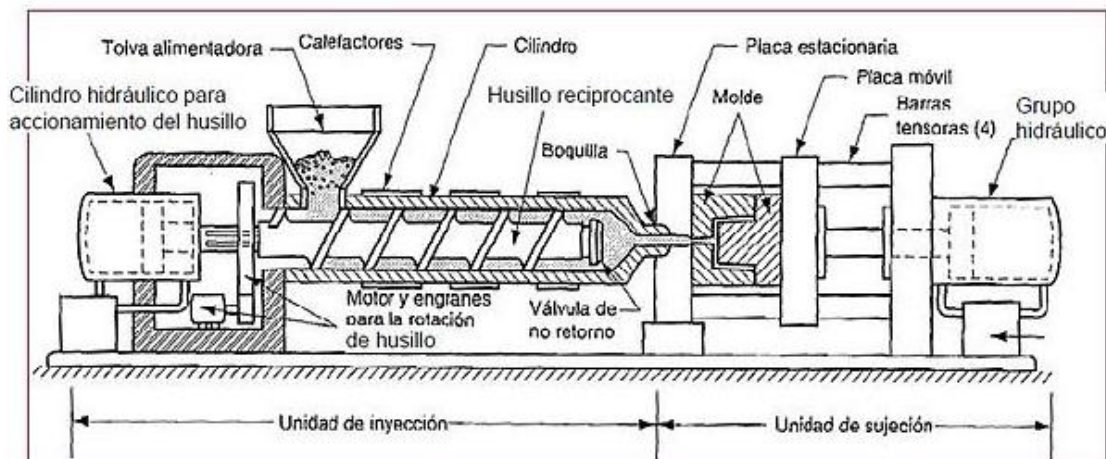


Figura 4.26: Esquema de la máquina inyectora de plástico

4.8 Confort

Es posible que el confort sea una de esas características del coche que no resalten a primera vista, o incluso, no sea un aspecto decisivo en la elección entre modelos o marcas a la hora de adquirir un vehículo, pero con el paso de las horas dentro del habitáculo se pueden percibir sus carencias o aciertos en lo que a comodidad y bienestar se refiere.

Se entiende por confort todo aquello que brinda comodidades y genera bienestar al usuario. No se ha de confundir con un concepto más amplio llamado ergonomía cuya definición abarca la ciencia que estudia la adaptación del ser humano a una máquina u objeto.

En el caso que nos ocupa se restringe la evaluación del confort del habitáculo a una serie de aspectos y medidas que se han considerado relevantes en una posición del

ocupante concreta, que es con el brazo reposado en el apoyabrazos (excepto el conductor, a menos que esté conduciendo por autopista).

Al ser imposible obtener una medida estándar del antebrazo de los diferentes mercados (español, portugués, inglés,...) a los que irá destinado el nuevo SE370, se asimila dicha medida a una media realizada entre diferentes trabajadores del CTS.

En la figura 4.27 se muestra una aproximación con cad de la silueta que resulta del contacto entre antebrazo y apoyabrazos.

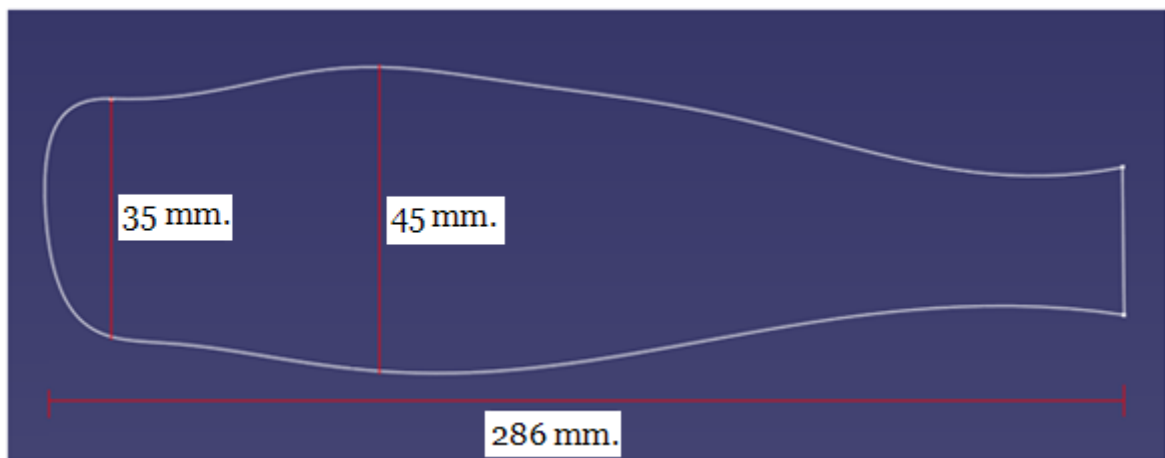


Figura 4.27: Silueta del apoyo de un antebrazo estándar sobre el reposabrazos

Los parámetros tenidos en cuenta son los siguientes:

- *Longitud del apoyabrazos*

Se ha considerado que para una máxima comodidad la longitud del apoyabrazos desde su inicio hasta el asidero ha de ser igual o superior a la medida estándar de un antebrazo (desde el codo hasta la muñeca).

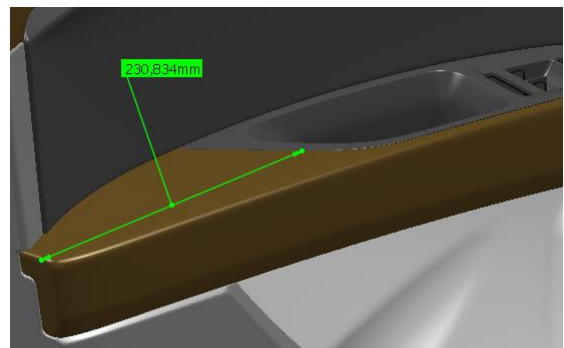


Figura 4.28: Longitud tenida en cuenta del apoyacodos del SE370.

En este caso (figura 4.28) no abarca toda la longitud del brazo. Podría mejorarse consiguiendo la longitud necesaria para alojar la totalidad del antebrazo.

- *Anchura del apoyabrazos*

En este caso (figura 4.29) se tiene en cuenta que el apoyabrazos ha de ser lo suficientemente ancho para no dejar fuera de él ninguna parte del brazo que, al estar apoyado, hace contacto con la superficie en la cual se apoya.

Se toman las medidas de los puntos más críticos de la silueta y se compara en el apoyabrazos.

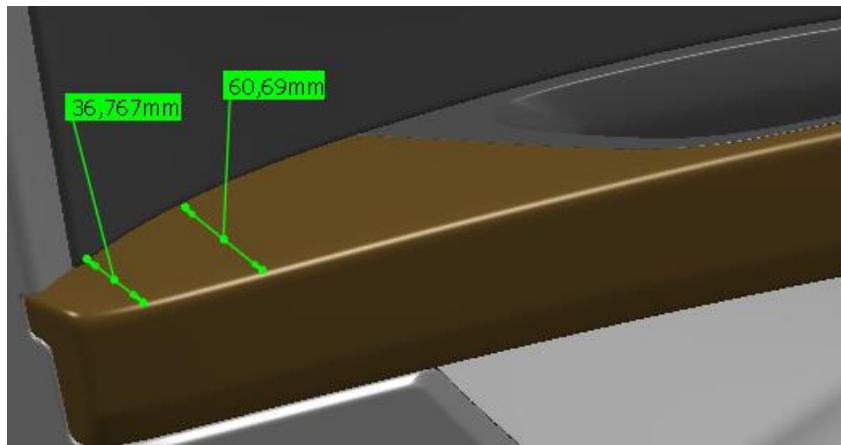


Figura 4.29: Medidas de anchura del apoya-codos del SE370

Se observa que el apoyabrazos del SE370 puede contener la totalidad de la silueta en lo que a anchura se refiere.

- *Tipo de asidero*

El asidero es la pieza que va unida al panel puerta gracias a la cual podemos estirar o empujar la puerta en las maniobras de apertura y cierre de la puerta.

Existen principalmente dos posiciones, con leves variaciones, que son: horizontal y vertical (figuras 4.30 y 4.31).



Figura 4.30: Panel-puerta del Audi A5



Figura 4.31: Panel-puerta del Audi A6

El asidero horizontal permite tirar de la puerta en la maniobra de cierre con más facilidad que con asidero vertical, pero el asidero vertical da la opción al ocupante de que, con el brazo apoyado, pueda estar agarrado al mismo con la sensación de confort que esto conlleva (figuras 4.32 y 4.33).

Se le ha otorgado mas importancia a la comodidad del ocupante cuando este esté en ruta (por su evidente mayor longitud de tiempo con respecto a la apertura y cierre de puertas) y por tanto se considera que podría ser un punto a mejorar en el SE370.



Figura 4.32: Panel-puerta posterior del SE370

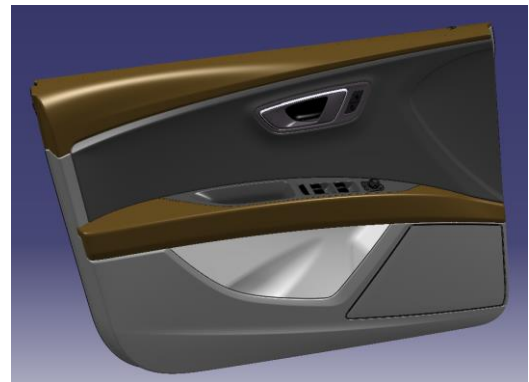


Figura 4.33: Panel-puerta anterior del SE370

- *Tacto del medallón*

Al tener el brazo apoyado en el reposabrazos el contacto esporádico con el medallón será inevitable. Es por eso que un tacto agradable contribuiría de forma activa en la sensación de calidad y confort.

Se consideran tactos agradables tanto el tejido como los folios de PVC espumados. En el caso del SE370 “reference” el medallón es íntegro de PP y el tacto no es el más agradable.

- *Tacto del apoya codos*

Al ser la pieza fundamental de apoyo del antebrazo su tacto pasa a ser un aspecto relevante en la sensación de confort. No solo ha de tener un tacto suave (no demasiado rugoso) sino que será importante un tacto blando para amortiguar la presión o los golpes ejercidos por el codo al reposabrazos (a causa de los baches, al apoyarse en las curvas,...).

En el SE370 se cumple con creces las expectativas del cliente ya que el apoya codos está tapizado con 10 mm de espuma de PUR forrado con un folio de PVC (espumado 2mm).

5. Selección de materiales para el panel puerta del SE370

Al inicio de este PFC se ha realizado un estudio del entorno donde se lleva a cabo la elaboración de este proyecto, nomenclatura de los elementos del panel puerta, arquitectura de la puerta,... También se ha confeccionado una comparativa entre vehículos del mismo segmento y dirigidos al mismo sector de población, es decir, vehículos considerados de competencia directa. Todo ello se ha llevado a cabo con el objetivo de situar el SE370 en el mercado. Se ha puesto de relieve las diferencias entre las principales piezas, así como los diferentes materiales utilizados, el porcentaje de la puerta que está forrada,...

Una vez finalizada la comparativa se ha procedido a un estudio más detallado sobre el panel puerta, destacando los diferentes aspectos de la misma: fijaciones, peso, materiales, acabados (cromados y pintados), número de piezas, reciclabilidad, modos de fabricación y confort. En cada uno de los aspectos se han comentado unas posibles mejoras mostrando así una serie de alternativas de perfeccionamiento de la puerta.

En esta última parte se procederá al estudio de la elección de materiales para cada pieza en particular. El material escogido habrá de minimizar en la medida de lo posible el peso de la puerta teniendo en cuenta el coste y la reciclabilidad del mismo.

La rentabilidad es el objetivo buscado por toda empresa ya que de ello depende su continuidad en el mercado. Para la consecución de este objetivo se ha de conseguir un margen suficiente en el producto para poder sufragar los costes de desarrollo. Gracias al desarrollo se puede conseguir el éxito del producto ofrecido, lo que permitirá la supervivencia de la marca. Los aspectos clásicos tenidos en cuenta en el apartado de I+D son: robustez, calidad, fiabilidad, tecnología, seguridad... pero estas ya no son las únicas variables tenidas en cuenta por el cliente para determinar la compra, ya que, se dan por supuestas en todas las marcas y no aportan ningún plus adicional.

Otros aspectos más novedosos como sensación de calidad percibida (háptica) pueden ser determinantes a la hora de decantar la balanza hacia una marca u otra permitiendo adelantar a la competencia y, al mismo tiempo, satisfacer las expectativas del cliente.

5.1 Selección de materiales cumpliendo con el cuaderno de cargas del panel puerta

En primer lugar se seleccionarán los materiales que formarán el grueso de la pieza. Para ello se ha de tener muy en cuenta tanto las cargas a las que se verá sometida la pieza como las que habrá de soportar en orden a cumplir todos los requisitos contenidos en el cuaderno de cargas, condiciones indispensables para la homologación de la pieza.

Se iniciará la búsqueda entre la totalidad de materiales existentes, sin descartar previamente ninguno. Al tratarse de una selección inicial de los posibles materiales que podrían formar las diferentes piezas se utilizara el método de selección de materiales de Ashby. Este método de selección de materiales fue desarrollado en 1992 por un ingeniero de materiales, el británico Michael Farries Ashby. Este método busca la selección del material más adecuado conforme una aplicación concreta de la pieza en cuestión.

Este método se basa en maximizar el rendimiento [P] del proceso de diseño de la pieza dada. El rendimiento [P] viene determinado por tres parámetros que son: la forma [F], las exigencias físicas que habrá de soportar [G] y el material elegido [M].

$$P = f \{ [F], [G], [M] \} \quad \Rightarrow \quad P = f_1[F] f_2[G] f_3[M] \quad (\text{Eq. 5.1})$$

Según Ashby la maximización del parámetro rendimiento se puede lograr maximizando el factor material [M], manteniendo los otros factores constantes [ASHBY, MICHAEL FARRIES, 1992, P.92-93].

La selección de materiales se realiza mediante un método gráfico. Los gráficos relacionan dos propiedades del material (en escala logarítmica) y muestra diferentes áreas cerradas con las familias de materiales que tienen un determinado rango de valores de cada una de las dos propiedades en cuestión.

En la figura 5.1 se muestra un ejemplo de gráfico de Ashby [ASHBY, MICHAEL FARRIES, 1992, P.108].

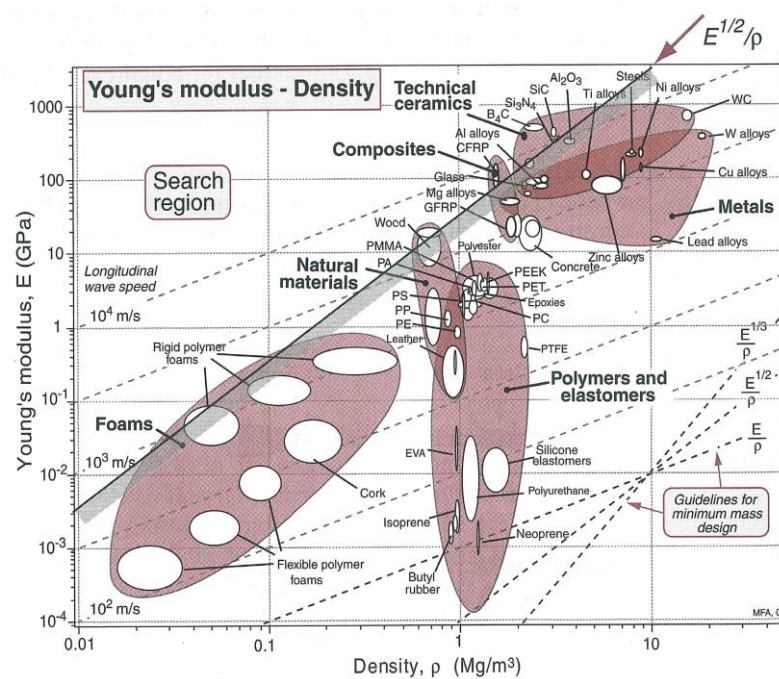


Figura 5.1: Diagrama de Ashby (Mod. Young vs Densidad).

Existen líneas de pendiente constante que serán muy útiles a la hora de seleccionar el material.

K= Pendiente en el diagrama de Ashby

C= constante

$$\log(E) = K \cdot \log(\rho) + \log(C) \rightarrow \log(E) - \log(\rho^K) = cte \rightarrow \log\left(\frac{E}{\rho^K}\right) = cte$$

$$\frac{E}{\rho^K} = cte \rightarrow \sqrt[K]{\frac{E}{\rho^K}} = \sqrt[K]{cte} \rightarrow \boxed{\frac{E^{1/K}}{\rho} = cte} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

En todos los materiales situados sobre una recta con pendiente $K=2$ se propagan las

ondas elásticas a la misma velocidad $\left(\frac{E^{1/2}}{\rho} = cte\right)$.

Se tendrán en cuenta los principales esfuerzos a los que se verán sometidas las piezas a lo largo de su vida útil. En el cuaderno de cargas se especifican los esfuerzos que habrán de soportar las piezas para su homologación. La homologación de una pieza garantiza un buen funcionamiento a lo largo de su vida útil en condiciones normales.

Las piezas del panel-puerta que pasarán unas pruebas concretas tabuladas en el cuaderno de cargas son: apoyabrazos-asidero, cuerpo-panel, fondo-bolsa, manecilla y cintura.

Considerando que uno de los principales objetivos es la minimización de la masa de las piezas con el objetivo de reducir peso y precio se desarrollan a continuación cuatro formulaciones de la masa teniendo en cuenta diferentes propiedades y cargas. Este ejemplo se realiza con una barra de sección constante A y longitud L . [RIBA ROMEVA, CARLES, 2007, P.37-39].

F = fuerza de tracción/compresión admisible.

ρ = densidad.

δ = alargamiento.

I = momento de inercia.

R_e = límite elástico.

K_i = factor geométrico.

k_f = factor geométrico (aplicación M flector).

M_f = momento flector admisible.

k_x = factor geométrico común a todos los perfiles parecidos.

W_f = momento resistente de la sección de la barra.

◇ Resistencia a tracción:

$$\left. \begin{array}{l} F = A \cdot R_e \\ M = A \cdot L \cdot \rho \end{array} \right\} \rightarrow \frac{F}{R_e} = \frac{M}{L \cdot \rho} \rightarrow M = \frac{F \cdot L \cdot \rho}{R_e} \rightarrow \boxed{M = (F \cdot L) \left[\frac{\rho}{R_e} \right]} \quad (\text{Eq. 5.3})$$

◇ Resistencia a flexión:

$$\left. \begin{array}{l} M_f = W_f \cdot R_e \\ W_f = \frac{A^{\frac{3}{2}}}{k_x} \\ M = A \cdot L \cdot \rho \end{array} \right\} \rightarrow \boxed{M = ((M_f \cdot k_x) \cdot L) \left[\frac{\rho}{E} \right]} \quad (\text{Eq. 5.5})$$

◇ Rigidez a tracción:

$$\left. \begin{array}{l} (1) \frac{F}{A} = E \frac{\delta}{L} \\ M = A \cdot L \cdot \rho \end{array} \right\} \rightarrow \frac{F \cdot L}{E \cdot \delta} = \frac{M}{L \cdot \rho} \rightarrow M = \frac{F \cdot L^2 \cdot \rho}{E \cdot \delta} \rightarrow \boxed{M = \left(\frac{F \cdot L^2}{\delta} \right) \left[\frac{\rho}{E} \right]} \quad (\text{Eq. 5.4})$$

(1) Ley de Hooke

◇ Rigidez a flexión:

$$\left. \begin{aligned} \delta &= k_f \left(\frac{M_f \cdot L^2}{E \cdot I} \right) \\ I &= K_i \cdot A^2 \\ M &= A \cdot L \cdot \rho \end{aligned} \right\} \rightarrow M = \left(\frac{K_f \cdot M_f \cdot L^4}{K_i \cdot \delta} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\frac{\rho}{E^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (\text{Eq. 5.6})$$

El factor situado entre corchetes es el que se ha de minimizar.

Las piezas que se han de someter a estudio tienen geometrías muy diferentes a una columna de sección constante. Es por eso que se utilizarán las tablas 5.1 y 5.2 que muestran el factor a maximizar para diferentes geometrías y solicitaciones mecánicas [ASHBY, MICHAEL FARRIES, 1992, P.509-510].

Ninguna geometría de la tabla se adapta exactamente a las piezas en estudio, es por eso que se hará distinción en dos tipos de geometría a grandes rasgos. Por un lado se consideraran como placas planas • “flat plate” la cintura, panel-puerta y asidero por

Function and constraints	Maximize
Tie (tensile strut)	
Stiffness, length specified; section area free	E/ρ
Shaft (loaded in torsion)	
Stiffness, length, shape specified; section area free	$G^{1/2}/\rho$
Stiffness, length, outer radius specified; wall thickness free	G/ρ
Stiffness, length, wall-thickness specified; outer radius free	$G^{1/2}/\rho$
Beam (loaded in bending)	
Stiffness, length, shape specified; section area free	$E^{1/2}/\rho$
Stiffness, length, height specified; width free	E/ρ
Stiffness, length, width specified; height free	$E^{1/3}/\rho$
Column (compression strut, failure by elastic buckling)	
Buckling load, length, shape specified; section area free	$E^{1/2}/\rho$
Panel (flat plate, loaded in bending)	
Stiffness, length, width specified, thickness free	$E^{1/3}/\rho$
Plate (flat plate, compressed in-plane, buckling failure)	
Collapse load, length and width specified, thickness free	$E^{1/3}/\rho$
Cylinder with internal pressure	
Elastic distortion, pressure and radius specified; wall thickness free	E/ρ
Spherical shell with internal pressure	
Elastic distortion, pressure and radius specified, wall thickness free	$E/(1-\nu)/\rho$
Stiffness-limited design at minimum mass (cost, energy, environmental impact)	

Tabla 5.1: Coeficientes para maximizar rigidez con mínima masa.

Function and constraints	Maximize
Tie (tensile strut)	
Stiffness, length specified; section area free	σ_t/ρ
Shaft (loaded in torsion)	
Load, length, shape specified; section area free	$\sigma_t^{2/3}/\rho$
Load, length, outer radius specified; wall thickness free	σ_t/ρ
Load, length, wall-thickness specified; outer radius free	$\sigma_t^{1/2}/\rho$
Beam (loaded in bending)	
Load, length, shape specified; section area free	$\sigma_t^{2/3}/\rho$
Load length, height specified; width free	σ_t/ρ
Load, length, width specified; height free	$\sigma_t^{1/2}/\rho$
Column (compression strut)	
Load, length, shape specified; section area free	σ_t/ρ
Panel (flat plate, loaded in bending)	
Stiffness, length, width specified, thickness free	$\sigma_t^{1/2}/\rho$
Plate (flat plate, compressed in-plane, buckling failure)	
Collapse load, length and width specified, thickness free	$\sigma_t^{1/2}/\rho$
Cylinder with internal pressure	
Elastic distortion, pressure and radius specified; wall thickness free	σ_t/ρ
Spherical shell with internal pressure	
Elastic distortion, pressure and radius specified, wall thickness free	σ_t/ρ
Flywheels, rotating disks	
Maximum energy storage per unit volume; given velocity	σ
Maximum energy storage per unit mass; no failure	σ_t/ρ
Strength-limited design at minimum mass (cost, energy, environmental impact)	

Tabla 5.2: Coeficientes para maximizar resistencia con mínima masa.

tratarse de piezas con un grosor relativamente pequeño. Por otro lado se considerará la manecilla como una biga •“beam” al tener una relación Sección-Longitud mucho más elevada que el resto de piezas.

De esta manera se descartan los materiales con mejores propiedades que empeoren las relaciones $(E-\rho)$ y $(\sigma_f-\rho)$.

Para el proceso de selección de materiales propiamente usaremos el software **CES EduPack 2012**. Dicho software te permite ojear y buscar entre una extensa variedad de materiales (unos 3800), procesos de fabricación (unos 131), técnicas de unión (unas 53), tratamientos superficiales (unos 46), artículos sobre materiales, fabricantes,... Se trata de una poderosa herramienta de selección de materiales basándose en los diagramas propuestos por el profesor *Michael Farries Ashby*.

Los diagramas de Ashby consisten en graficar los diferentes materiales en un eje de coordenadas enfrentando dos propiedades de los materiales (una en el eje X y la otra en el eje Y) como muestra la figura 5.2. A base de ir imponiendo restricciones se van descartando los materiales que las incumplen (pierden el color que tenían para quedarse de color gris).

Las principales mejoras que se han de buscar son en el campo tanto del peso como del precio total de la pieza. Aunque también se tendrán en cuenta aspectos como la reciclabilidad y otros específicos para cada pieza según su función y/o ubicación.

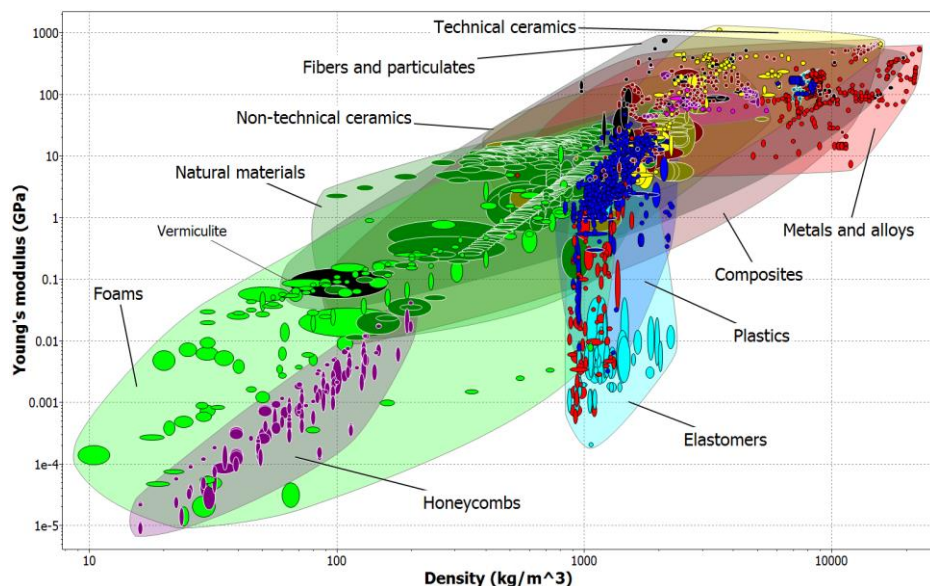


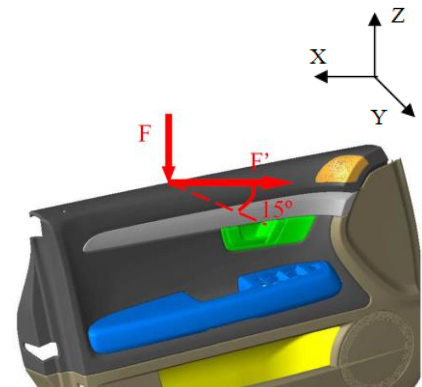
Figura 5.2: Diagrama de Ashby. Se representa la densidad vs módulo de Young de 3798 materiales.

A continuación se lleva a cabo el estudio y selección del material para cada una de las piezas contempladas en el cuaderno de cargas.

5.1.1 Cintura

En la cintura se suelen realizar dos ensayos diferenciados (F , F') con la misma fuerza pero en diferentes direcciones (figura 5.3). La fuerza F va referida al posible apoyo de los ocupantes del vehículo al subir y bajar del coche. La fuerza F' asimila la fuerza que haría el ocupante a la hora de tirar de la cintura para cerrar la puerta.

En el caso particular del **SE370** se obvia el ensayo de F' ya que la cintura va enrasada a la chapa y se hace imposible estirar de ella.



	F
Fuerza	300 N
Aplicación	Centro entre fijaciones
Dirección	Z
Temperat	(23±5)°C, 70 °C

Figura 5.3: Requerimientos para la cintura

Ahora se procede a la selección de los posibles materiales a conformar la puerta que cumplan las especificaciones anotadas en el cuaderno de cargas y además presenten algunas mejoras con respecto al material usado actualmente.

En la cintura el cuaderno de cargas exige una deformación menor o igual a 3 mm en el punto de aplicación de la carga. Éste a su vez está situado en el punto más desfavorable entre fijaciones, es decir la zona de la cintura con menos sección, cerca del medio, ya que la cintura no se apoya en el armazón de la puerta (figura 5.4).

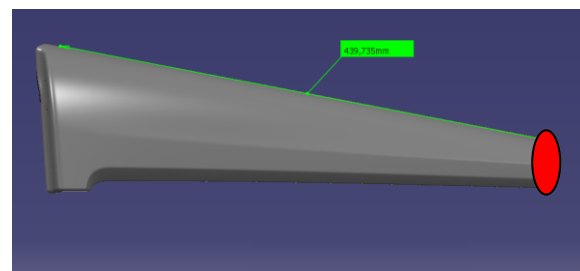
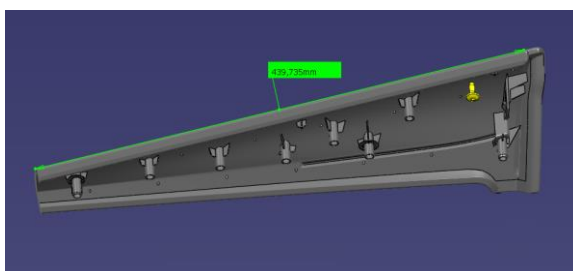


Figura 5.4: Sección crítica de la cintura

Para ello se realizará una simulación por elementos finitos utilizando el workbench “Generative Part Structural Analysis” del programa Catia V5. Se realizará el análisis de deformaciones y tensiones sufridas por la pieza de forma individual (y no ensamblada con las piezas colindantes) por razones de complejidad y tiempo de cálculo por parte del programa. De todas formas, se simularán todos los contactos posibles con otras piezas, mediante restricciones, con el objetivo de conseguir los resultados más aproximados posibles.

Se realiza el mallado y la posterior simulación de la pieza cintura sin tener en cuenta el folio espumado que forra la pieza.

En primer lugar se procede a un mallado en 3D tetrahédrico parabólico con una medida del lado de 2,5 mm (grosor de la cintura). Se muestra el resultado en la figura 5.5.

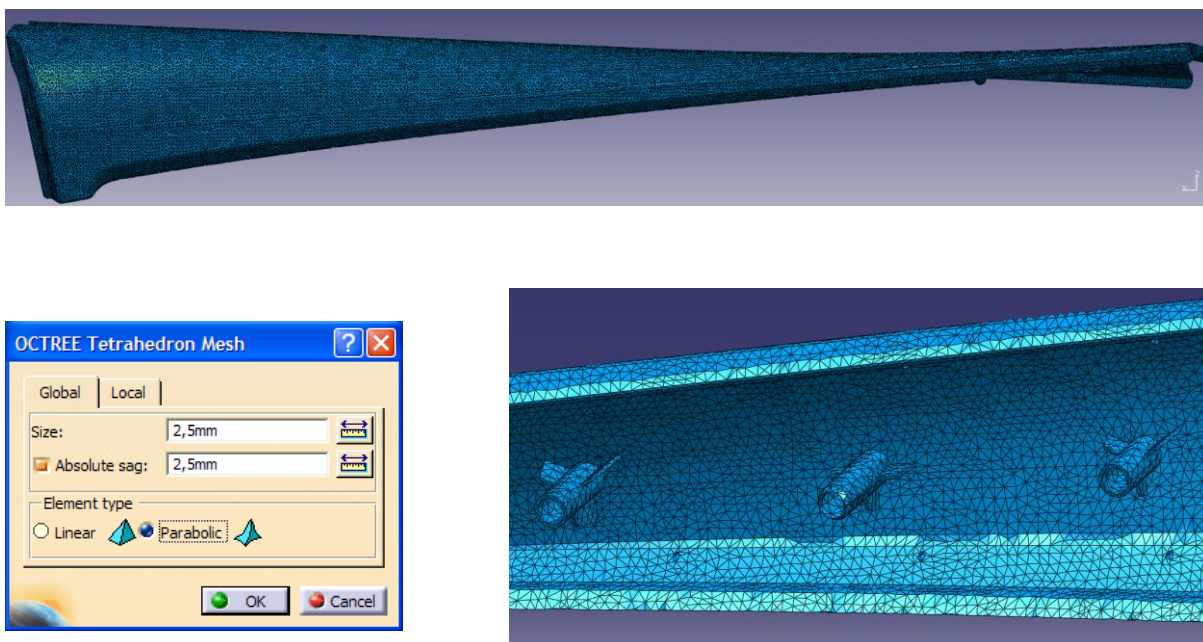


Figura 5.5: Mallado de la cintura (Vista frontal de la cintura / Detalle de las torretas en vista trasera)

Se han colocado restricciones de los 6 grados de libertad en los puntos de unión de las piezas. Se cometerá un pequeño error ya que las piezas a las que van unidas sufrirían una ligera deformación.

Por otro lado la pieza cintura lleva soldado en la zona de detrás-arriba (área en marrón claro) una pieza llamada listón lame-lunas cuya función es sujetar el lame-lunas. Esta pieza a su vez tiene una función estructural dando rigidez a la cintura. Para simular dicha pieza se ha restringido la deformación de la pieza en X (dirección flechas rojas) (figura 5.6).

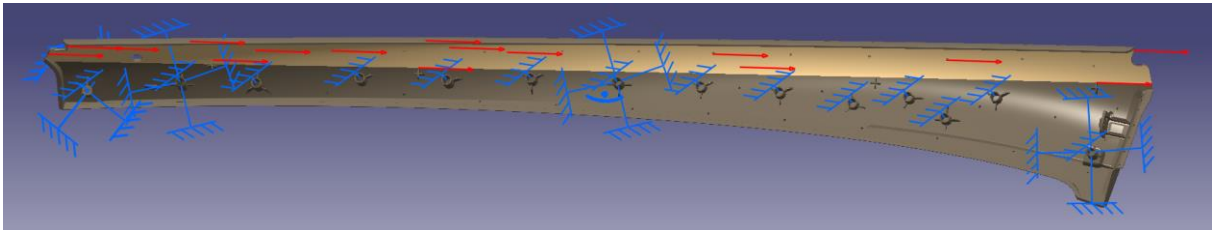


Figura 5.6: Restricción en la cintura en vista trasera

Una vez colocadas las restricciones se lleva a cabo la aplicación de la fuerza a la pieza. Se ejercen 300 N en la zona con menos sección (figura 5.7), ya que es la zona de apoyo del codo y se considera la zona más crítica.

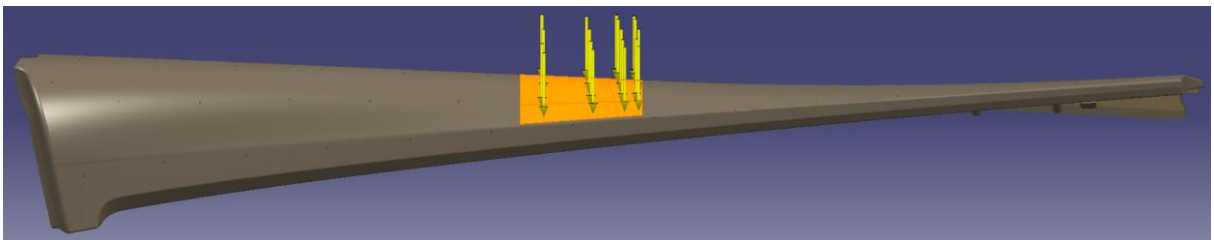


Figura 5.7: Zona de aplicación de la fuerza (vista frontal)

Después del cálculo de tensiones y deformaciones de la pieza por elementos finitos se observa las zonas de máxima deformación y las zonas más castigadas por la tensión (Von Misses) (figura 5.8).

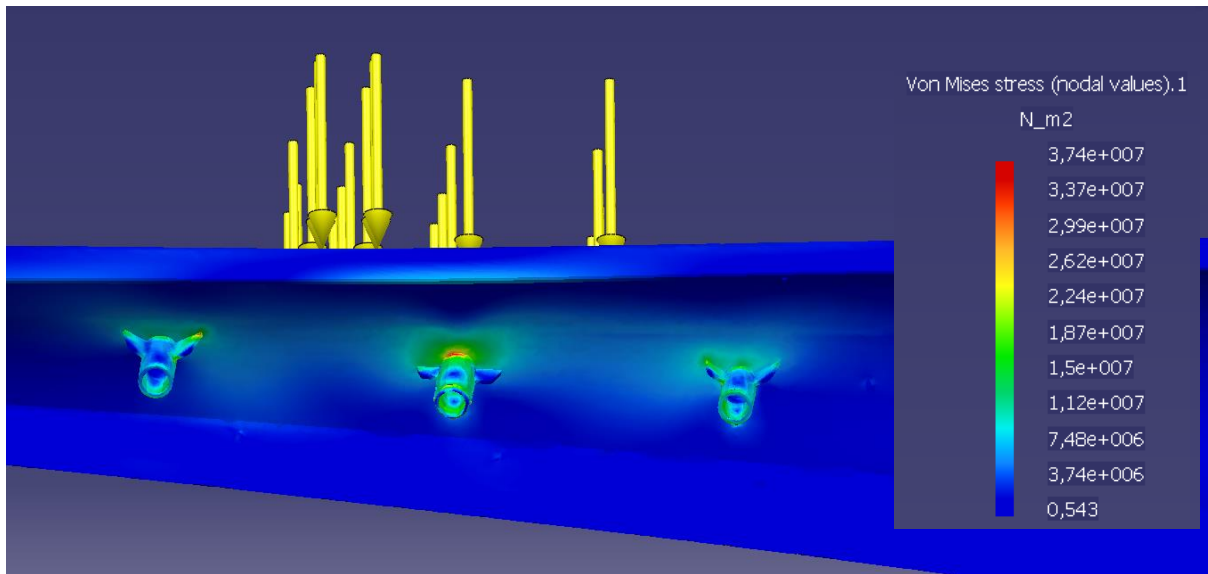


Figura 5.8: Mapa de tensiones de Von Misses (vista trasera)

Se observa que la zona de mayor tensión es la parte superior de la base de una de las torretas de fijación. La tensión máxima es 37,4 MPa mientras que el límite elástico es 42,05 MPa. Podemos afirmar que la deformación nunca llegará a la plasticidad en ninguna zona de la pieza.

Por otra parte se puede ver que la máxima deformación de la pieza es 1,88 mm, menor de los 3 mm permitidos (figura 5.9).

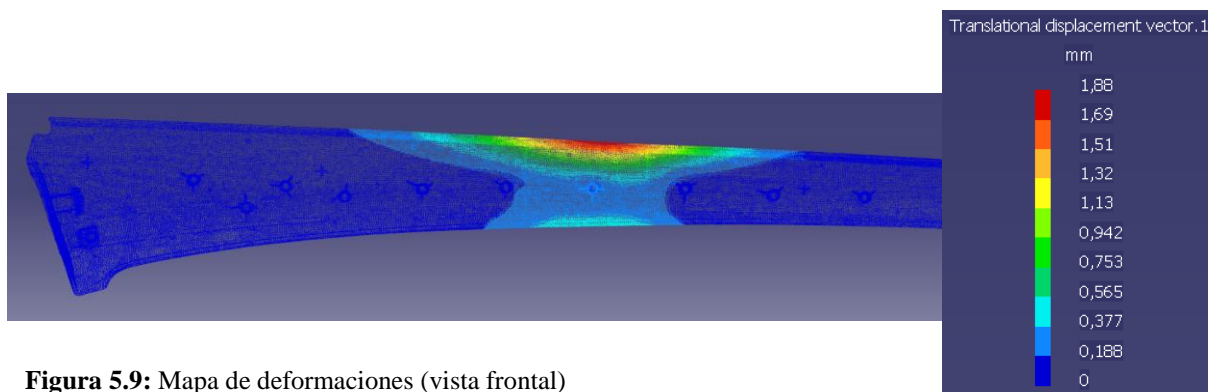
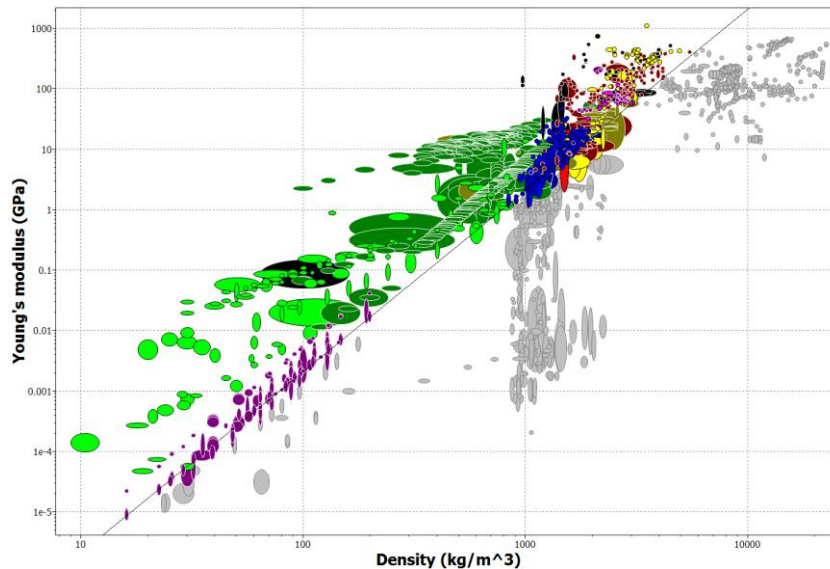


Figura 5.9: Mapa de deformaciones (vista frontal)

Una vez conocidas las actuales propiedades mecánicas que requiere la pieza para soportar los esfuerzos exigidos además de las propias del material actualmente utilizado, se pasa a cribar materiales que posean las mismas prestaciones o mejores y que además tengan menor precio y coste.

Se trata de una pieza cuyo comportamiento se aproxima a la de una placa plana al tratarse de una pieza de pequeño espesor y de considerable longitud.



En la figura 5.10 se descartan (en gris) los materiales que tienen una relación $E^{1/3}/\rho$ inferior a la del ABS [BASF/Terluran HH 106], que es el material actualmente utilizado.

Figura 5.10: Materiales (en color) con mejor relación $E^{1/3}/\rho$

De los materiales seleccionados se escogen los que tienen la relación $\sigma_f^{1/2}/\rho$ superior al material actual (figura 5.11).

A continuación se imponen unas ciertas propiedades mecánicas y térmicas superiores a las que posee el ABS actual.

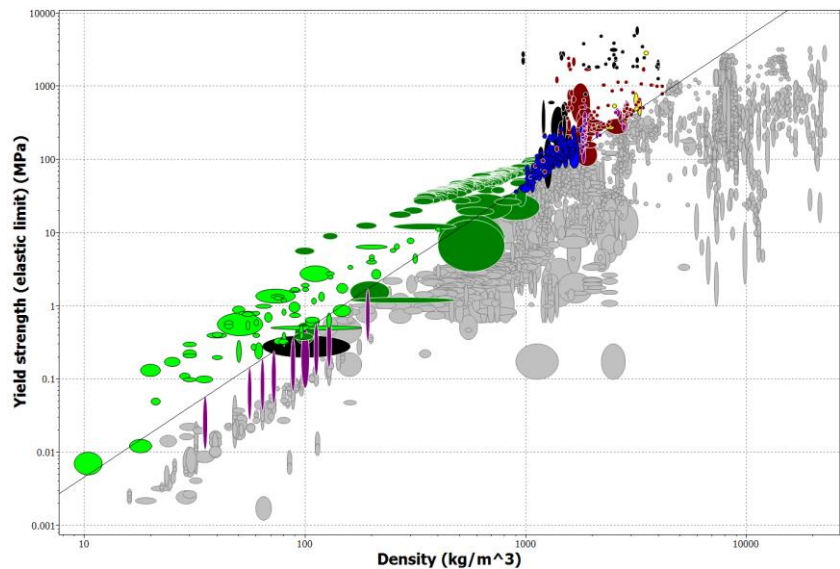


Figura 5.11: Materiales (en color) con mejor relación $\sigma_f^{1/2}/\rho$

Anteriormente se ha demostrado como se obtiene las pendientes de las rectas que definen los materiales con idéntico $(E^{1/3}/\rho)$ y $(\sigma_f^{1/2}/\rho)$. Para fijarlas en el gráfico se

impone que pasen por el punto de $(\sigma_f; \rho)$ y $(E; \rho)$ respectivamente del material actualmente utilizado.

Se exigen las siguientes propiedades referidas al material actual:

- Una densidad menor a **1045 kg·m⁻³** para bajar el peso actual de la pieza.
- Un precio menor de **2.34 €/kg** para disminuir el precio actual de la pieza.
- Un módulo de Young superior a **2415 MPa** para disminuir la deformación.
- Un límite elástico superior a **42,05 MPa** para permitir al material soportar cargas más grandes así como alejar el material de la deformación plástica.
- Una temperatura de servicio al menos entre **18 y 70°C**.
- Un coeficiente de expansión térmica inferior a **98,5 µstrain/°C** con tal de que la interferencia de la cintura con los montantes a causa de la dilatación no deforme la geometría de la pieza.

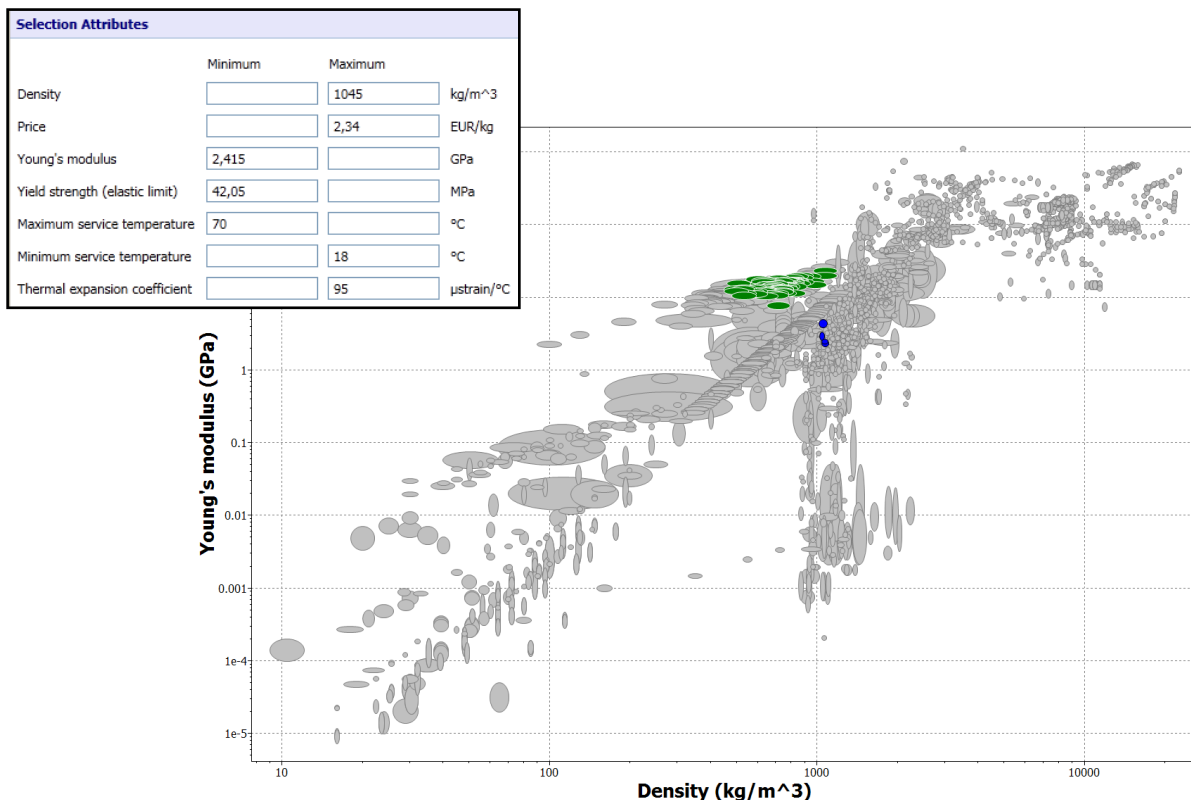


Figura 5.12: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

Llegados a este punto quedan 103 materiales: 4 polímeros y 99 maderas (figura 5.12). Analizando las formas de fabricación de piezas de madera se observa que solo se

puede realizar mediante mecanizado (mecánico, abrasivo,...) mientras que los plásticos se pueden inyectar en molde.

La fabricación por mecanizado tiene las siguientes características negativas con respecto a la inyección:

- El proceso se ha de hacer pieza a pieza con el consumo de tiempo que ello comporta.
- La forma se de realizar de una sola pieza desperdiciando cantidad de material sobrante.
- Se plantea un problema con la unión de esta pieza con las que estará futuramente ensamblado (necesidad de adición de piezas de transición).
- Todas las anteriores causas repercuten en un aumento de coste desproporcionado.

Por lo tanto, quedan 4 materiales seleccionables: PP (homopolymer, 20% glass fiber), PP (copolymer, 20% glass fiber), PPO/PS alloy (high glass transition), PPO/PS alloy (low glass transition). Se muestra en la figura 5.13.

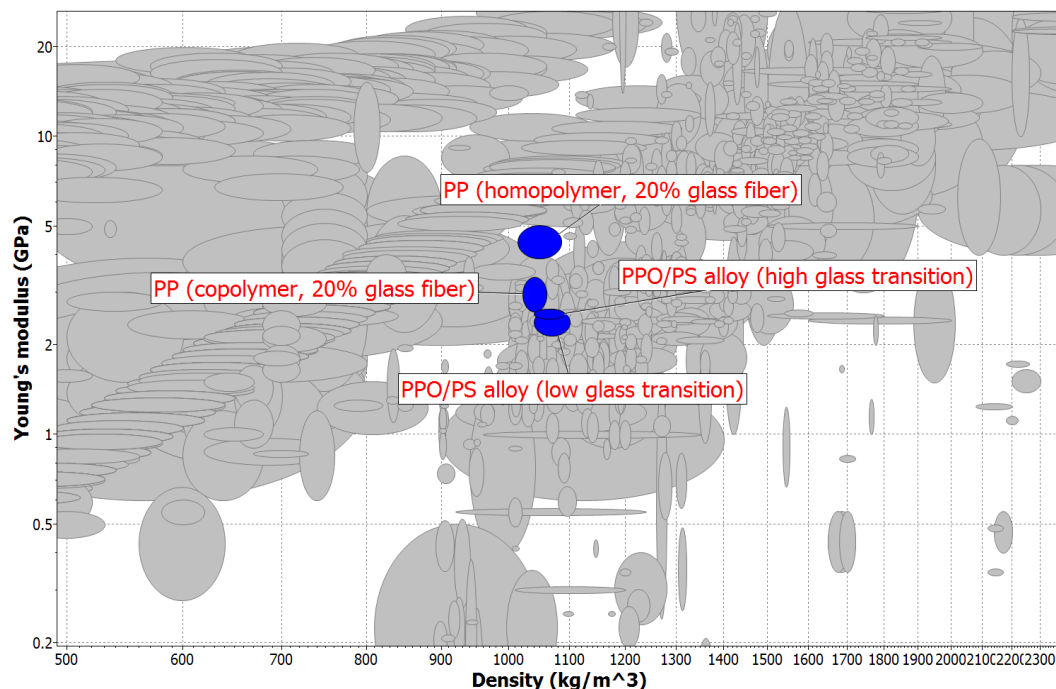


Figura 5.13: Materiales candidatos

Se realiza en la tabla 5.3 una comparativa con las principales propiedades a tener en cuenta. Las propiedades en verde superan las actuales, las rojas las empeoran y las que están en negrita son la mejor de los materiales de la tabla.

	Densidad [g/ cm ³]	Precio [€/kg]	Módulo Young [GPa]	Límite elástico [MPa]	Coef exp térmica [μstrain/C°]	E/ρ
PPO/PS alloy (high glass transition)	1.045	2.485	2.535	55.2	99.2	2.42
PPO/PS alloy (low glass transition)	1.07	2.485	2.38	49.3	97.2	2.22
PP (homopolymer, 20% glass fiber)	1.045	2.37	4.46	52.35	44	4.26
PP (copolymer, 20% glass fiber)	1.04	2.405	2.97	48.15	44	2.85

Tabla 5.3: Comparativa entre materiales candidatos

Se observa un material que iguala o supera a los otros candidatos (excepto en precio) incluyendo el ABS actualmente utilizado. Se escoge como material para la cintura al **PP (homopolymer, 20% glass fiber)**. Este material a pesar de no disminuir la densidad del actual e incluso aumentar el precio aunque ínfimamente, supera ampliamente el resto de propiedades a tener en cuenta en la pieza cintura.

▪ **Cintura posterior**

En el caso de la cintura se hace un estudio particular para la pieza en la puerta posterior por dos motivos principales: el cambio de longitud y geometría; y por otra banda porque el material actual es diferente en la puerta anterior que en la posterior.

A consecuencia del segundo motivo se ha de hacer un estudio particular a la cintura posterior para encontrar un material que, no necesariamente mejore las propiedades del material actual de la **cintura anterior**, sino que, cumpliendo los requerimientos mecánicos necesarios mejore en cualidades al material actual de la **cintura posterior**. Dichos requerimientos mecánicos que han de ser cumplidos por la cintura posterior son los mismos que en la anterior.

En primer lugar se procede al mismo mallado que en la cintura anterior con la misma medida y el mismo tipo.

Se colocan similares restricciones variando únicamente la situación de las torretas y la anchura de la zona del listón lamelunas (figura 5.14).

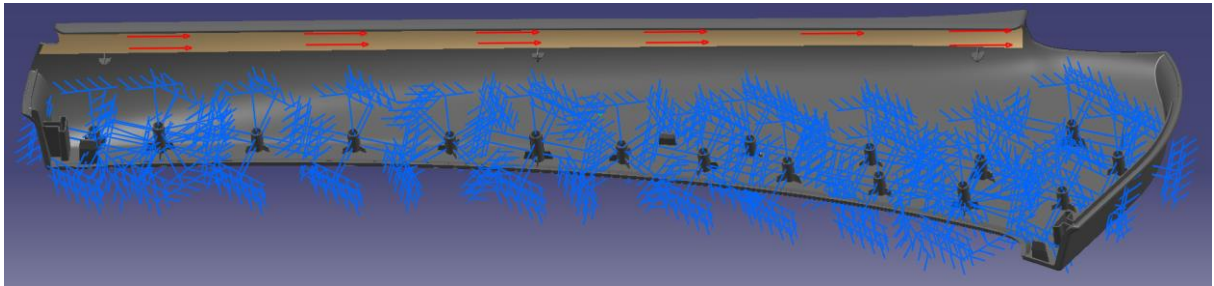


Figura 5.14: Restricciones en las torretas (vista trasera)

Una vez fijadas las restricciones se le aplica, siguiendo las directrices del cuaderno de cargas, una fuerza de 300 N en la zona media de menor sección que además coincide con el lugar donde se apoyaría el ocupante para salir del vehículo (figura 5.15).

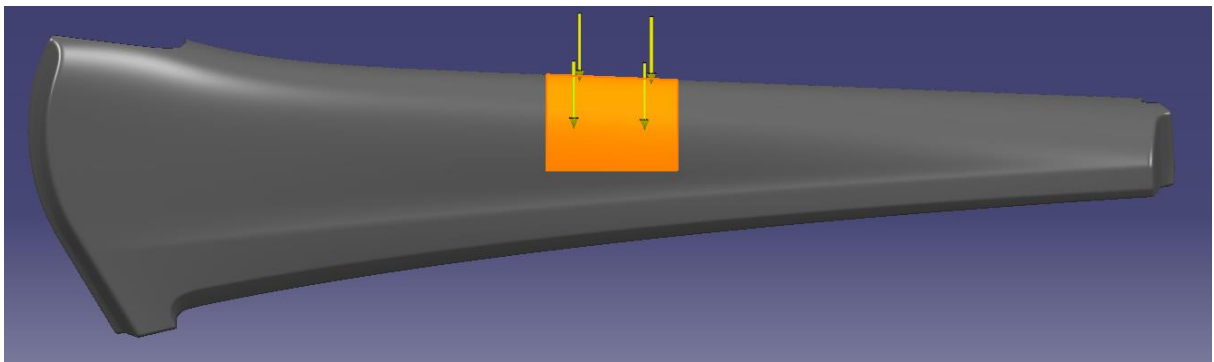


Figura 5.15: Zona de aplicación de la fuerza (vista frontal)

En la figura 5.16 se realiza la simulación por elementos finitos de la pieza.

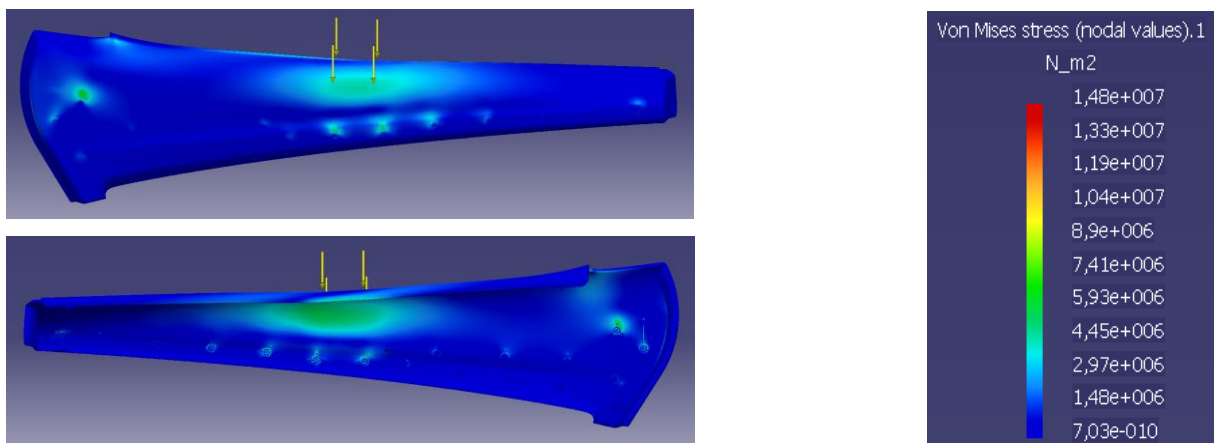


Figura 5.16: Mapa de tensiones de Von Misses (Vista frontal/Vista posterior)

La mayor tensión que ha de soportar la pieza son 14,8 MPa mientras que el límite elástico se sitúa en 25,32 MPa. Las deformaciones producidas a causa de este ensayo se mueven dentro del rango elástico.

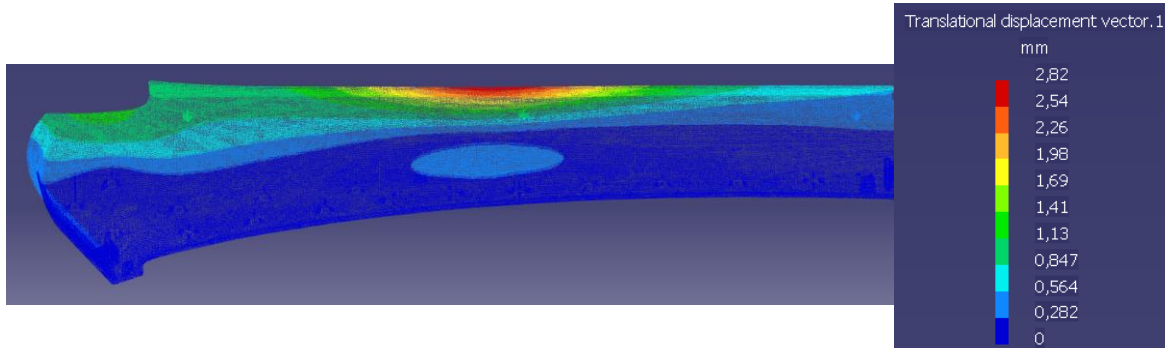


Figura 5.17: Mapa de deformaciones (vista frontal)

La deformación máxima se produce en la zona de aplicación de la fuerza y es igual a 2,82 mm (figura 5.17). Se cumple la restricción que prohíbe deformaciones superiores a 3 mm.

En lo referente a las relaciones $E^{\frac{1}{3}}/\rho$ y $\sigma_f^{\frac{1}{2}}/\rho$ a la hora de hacer la criba se tienen en cuenta de la misma forma que en la cintura anterior. Se pasa, pues, a especificar las propiedades exigidas al material propuesto.

- Una densidad menor a **1019,6 kg·m-3** para bajar el peso total de la pieza.
- Un precio inferior a **2.178 €/kg** para bajar el coste total de la pieza.
- Un módulo de Young igual o superior a **1572 MPa** porque el actual ya cumple con los requerimientos.
- Un límite elástico igual o superior a **25,32 MPa** ya que el material actual ya cumple con los requerimientos.
- Una temperatura de servicio al menos entre **18 y 70°C**.
- Un coeficiente de expansión térmica inferior a **75,73 μstrain/°C** con tal de que la interferencia de la cintura con los montantes a causa de la dilatación no deforme la geometría de la pieza.
- Una dureza superior a **7,563 HV**, ya que la cintura posterior no está forrada y por tanto es susceptible a ser rayada.

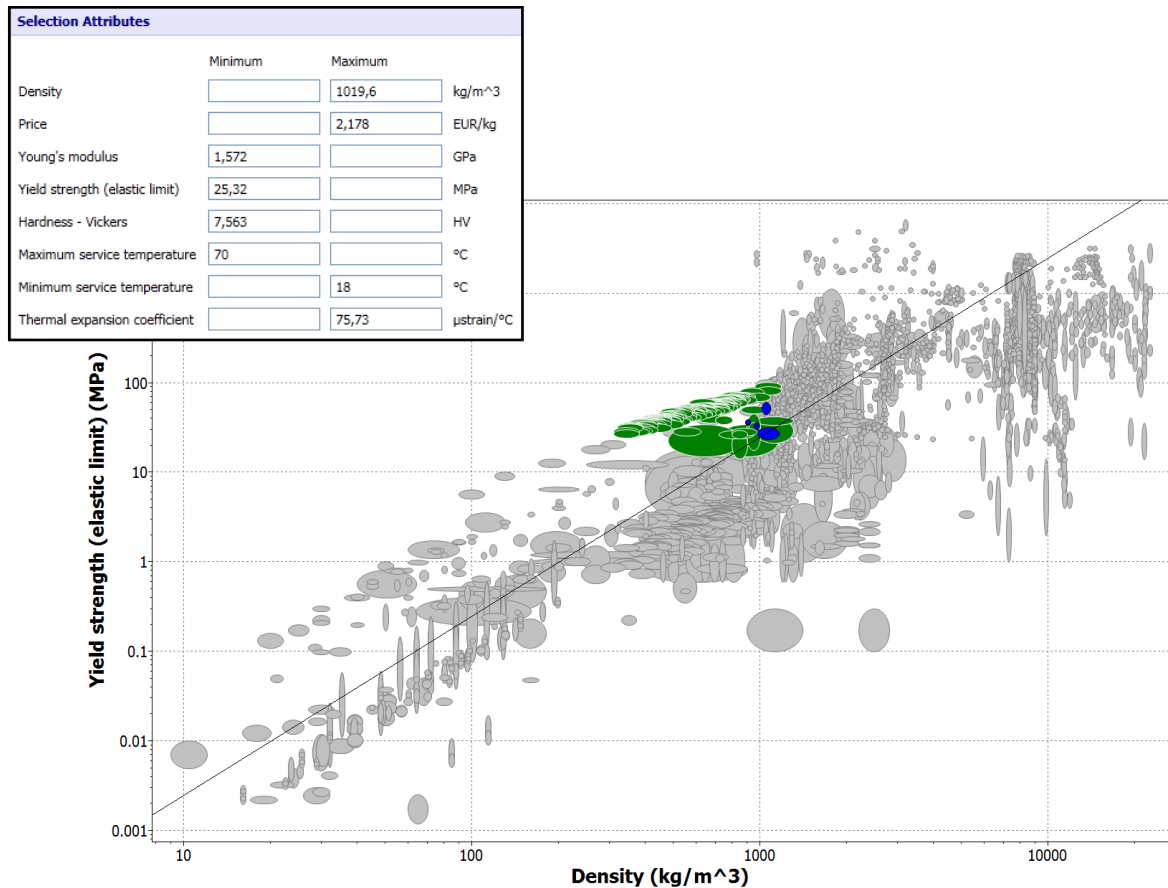


Figura 5.18: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

De los 198 materiales que cumplen los requisitos anteriormente mencionados, 193 son maderas y sólo 5 son polímeros (figura 5.18). Las maderas se descartan directamente por las mismas razones expuestas en la cintura anterior.

Quedan, por lo tanto, 5 materiales posibles para la conformación de la cintura posterior (figura 5.19).

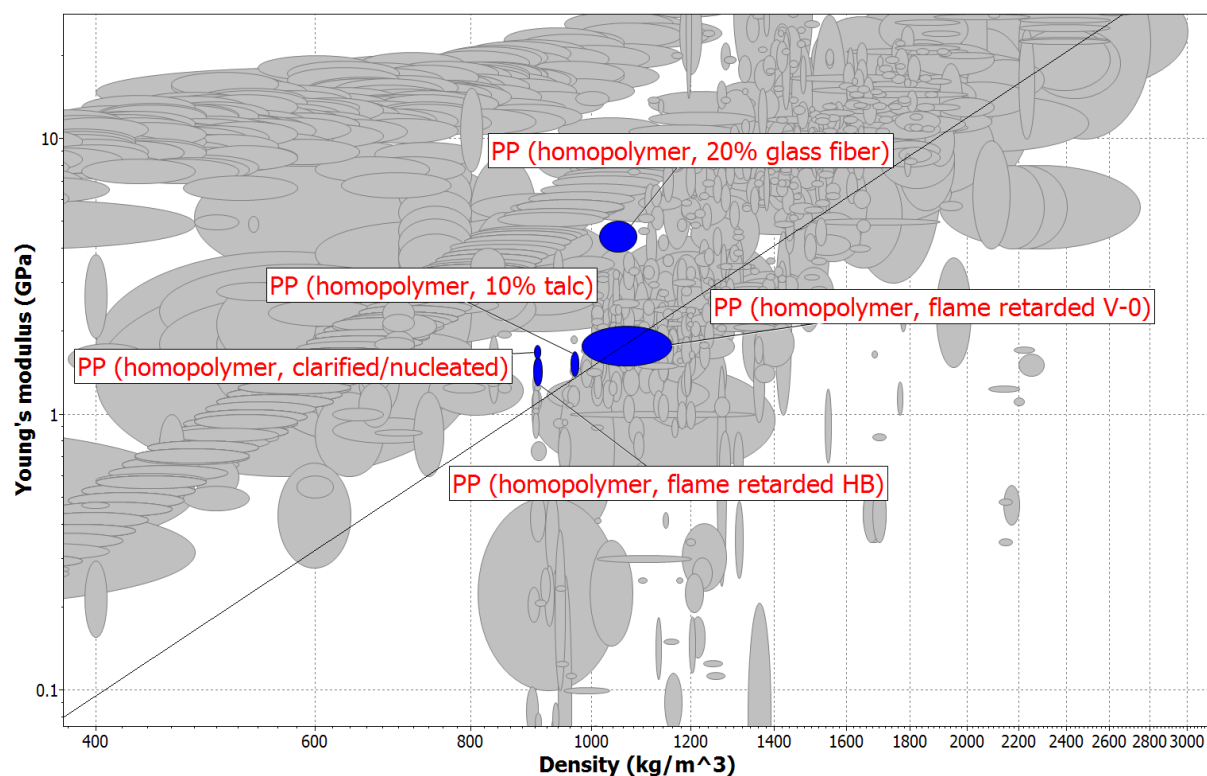


Figura 5.19: Materiales candidatos

En la tabla 5.4 se muestran las principales propiedades de los materiales candidatos a fin de realizar una comparativa.

	Densidad [g/ cm ³]	Precio [€/kg]	Módulo Young [GPa]	Límite elástico [MPa]	Coef exp térmica [μstrain/C°]	Dureza [HV]
PP (homopolymer, 20% glass fiber)	1045	2,37	4,46	52,35	44	15,55
PP (homopolymer, 10% talc)	967,5	2,2	1,53	33,25	64,95	9,955
PP (homopolymer, flame retarded V-O)	1071	2,1	1,79	27,6	60,1	8,205
PP (homopolymer, clarified/nucleated)	904,5	1,76	1,69	36,7	37,95	11
PP (homopolymer, flame retarded HB)	904,5	2,1	1,435	36,05	63,4	10,85

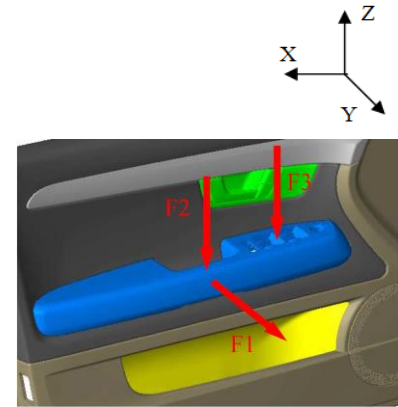
Tabla 5.4: Comparativa de materiales candidatos

Observando las principales características a tener en cuenta en la cintura posterior destaca un material por tener la menor densidad y precio además de mejor coeficiente de expansión térmica. Por otra parte el resto de propiedades también superan a las del material actual. Por todo ello se asigna como material propuesto para la cintura posterior el “PP (homopolymer, clarified/nucleated)”.

5.1.2 Apoyabrazos-Asidero

En el apoyabrazos se realizan tres ensayos independientes con **F1**, **F2** y **F3** (figura 5.20).

La fuerza **F1** se asimila a la fuerza máxima que se puede realizar a la hora de cerrar la puerta estirando del asidero. La fuerza **F2** simula la situación en la que el ocupante del vehículo se apoya en el asidero para entrar o salir del habitáculo y la fuerza **F3** es la fuerza máxima que asegura que no se deforme lo suficiente el material como para desclipar los botones del alza cristales.



	F1	F2	F3
Fuerza	500 N	500 N	500 N
Aplicación	Centro pasamanos	Centro pasamanos	Centr zona botonera
Dirección	Y	Z	Z
Temperat	Tº amb	Tº amb	Tº amb

Figura 5.20: Requerimientos para el apoyabrazos-asidero

Para el estudio de tensiones y deformaciones por elementos finitos se ha de mallar la pieza previamente. Se realiza el mallado y la posterior simulación de la pieza sin la espuma del apoyabrazos ni el folio espumado que forra la pieza (figura 5.21).

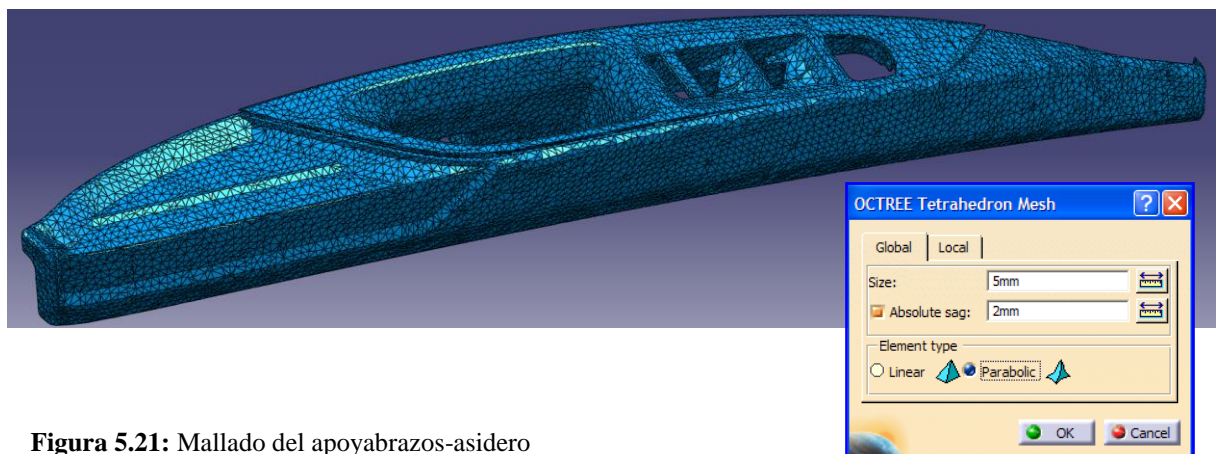


Figura 5.21: Mallado del apoyabrazos-asidero

Se colocan restricciones encastadas en la cara interior de las torretas donde irán atornilladas las fijaciones del asidero y apoyabrazos (figura 5.22).

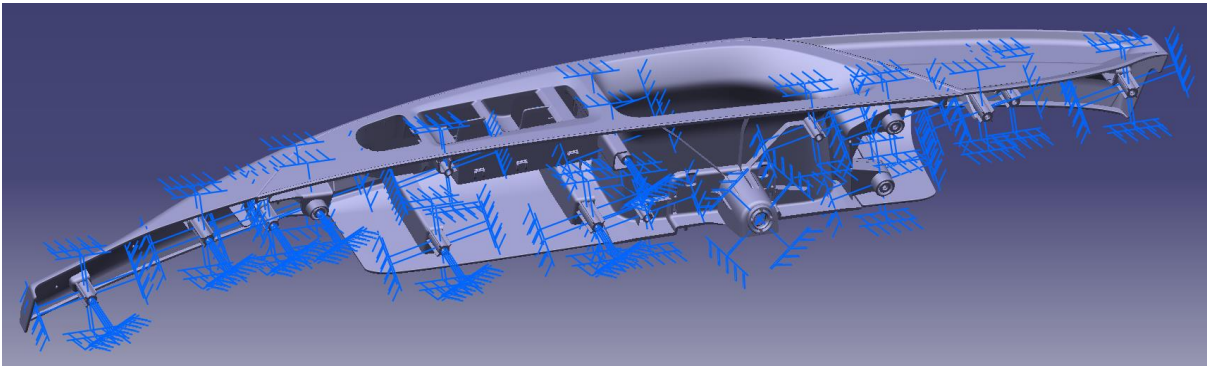


Figura 5.22: Restricciones en torretas de atornillado (vista posterior)

Al tratarse, en este caso, de un estudio estático de un ensamblaje (apoyabrazos, asidero y 4 grapas) se han de aplicar condiciones de unión entre ellas con el objetivo de obtener resultados de simulación lo más fieles a la realidad posible.

Cada una de las 4 grapas une la pieza asidero con el apoyabrazos. Se le aplica condición de deslizamiento en dirección Y (flecha verde) entre las caras de la grapa y las caras de la pieza con la que está en contacto (figura 5.23).

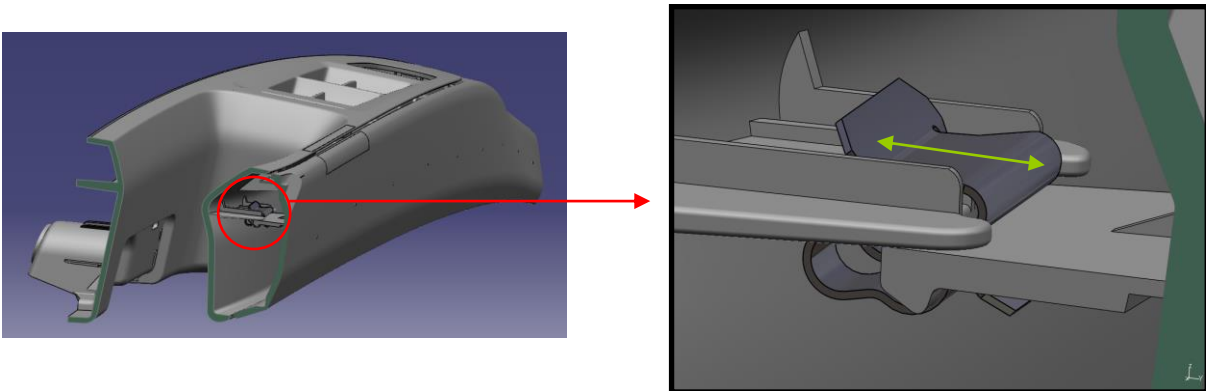


Figura 5.23: Detalle de una de las 4 grapas que unen el asidero con el apoyabrazos

La otra condición que se ha aplicado afecta a la interacción directa entre el asidero y el apoyabrazos. Se le ha impuesto condición de contacto, es decir, en el caso en el que aplicada la fuerza se tocara una pieza con la otra nunca atravesaría una a la otra (figura 5.24).

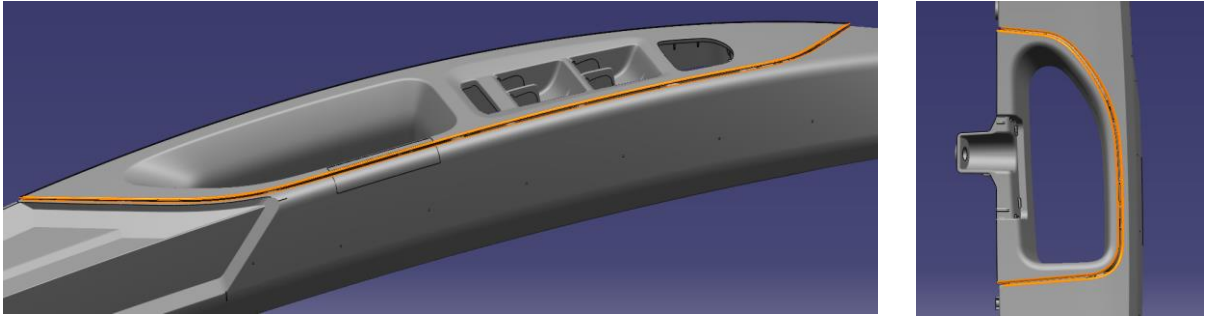


Figura 5.24: Zona de aplicación de la restricción (en naranja). Vista frontal / Vista por abajo

Para el estudio estático de fuerzas, al tratarse de un ensamblaje, se utiliza el workbench “Generative Assembly Structural Analysis”.

Se divide el estudio del asidero-apoyabrazos en tres casos diferenciados según los diferentes malos usos que pueden sufrir dichas piezas.

- **Caso F1**

Se aplica una fuerza de 500N en el eje Y, en el sentido de tirar del asidero para cerrar la puerta. Se simula el sobreesfuerzo que se produciría al estirar del asidero si alguien desde fuera aguanta la puerta (figura 5.25).

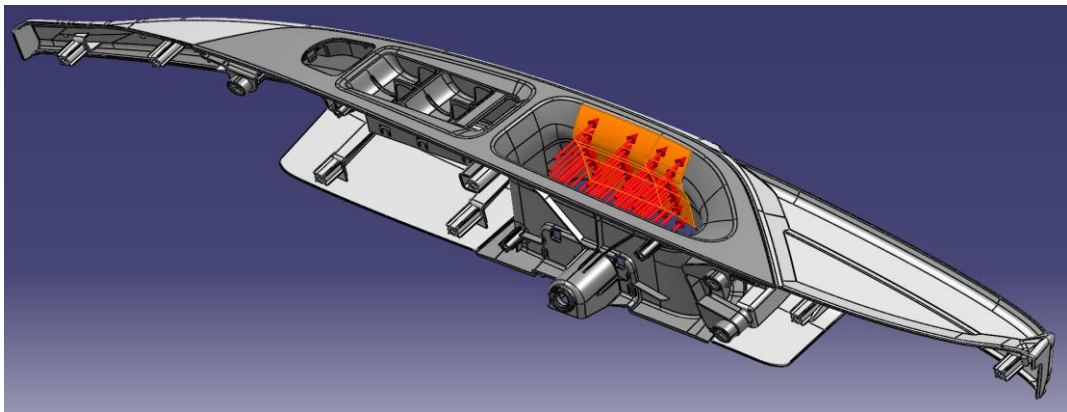


Figura 5.25: Zona de aplicación de la fuerza (vista trasera)

Se procede al cálculo por elementos finitos de Catia V5 de la deformada y las tensiones soportadas por la pieza. Se fija una escala con el valor máximo coincidente con el límite elástico del material correspondiente al asidero y apoyabrazos con el fin de diagnosticar los lugares donde podría haber deformación plástica.

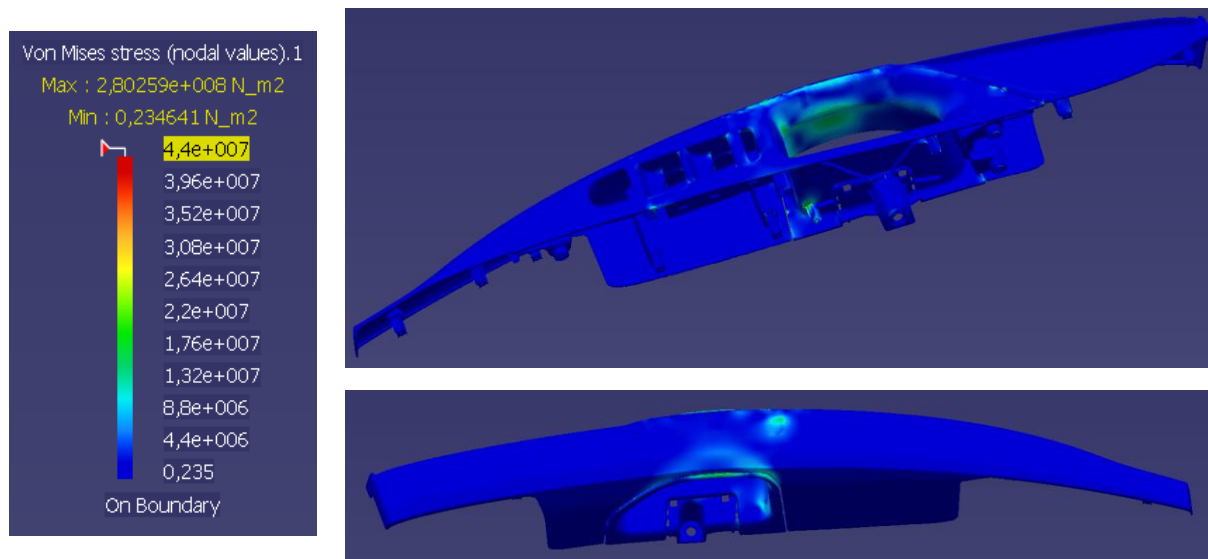


Figura 5.26: Mapa de tensiones de Von Misses (vista trasera / vista delantera).

Se observa en la figura 5.26 que en las zonas visibles no existen zonas en rojo por lo que no se producirán deformaciones permanentes. Se han observado pequeñas zonas en rojo muy localizadas en dos nervios del área de contacto entre asidero y reposabrazos (figura 5.27).

Destaca un valor de tensión máxima de **290 MPa**. Estas elevadas tensiones son soportadas por las 4 grapas que unen asidero y apoyabrazos. Dichas grapas son de acero “C 67 S DIN EN 10 132-4” con un límite elástico de **1555 MPa**.

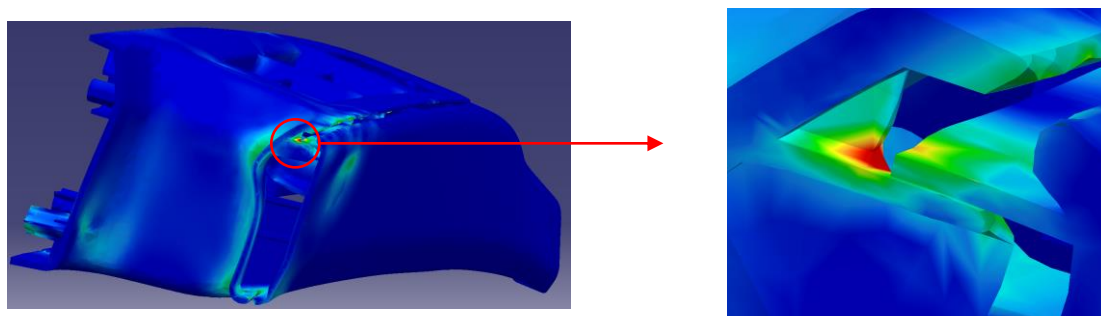


Figura 5.27: Detalle del mapa de tensiones en los nervios del asidero

En lo referente a la deformada se cumplen los requerimientos sobradamente ya que la deformación máxima producida sobre el área de aplicación de la fuerza es tan solo de 2.36 mm, mientras que la deformación permitida es 8 mm (figura 5.28).

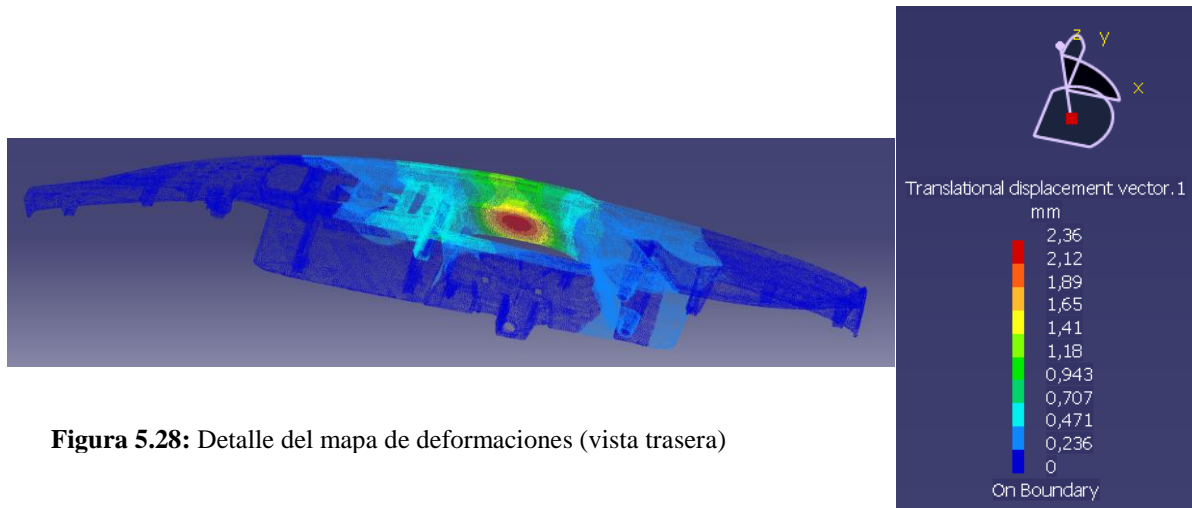


Figura 5.28: Detalle del mapa de deformaciones (vista trasera)

- **Caso F2**

Se aplica una fuerza de 500N en la zona superior del asidero y apoyabrazos donde el ocupante suele agarrar para cerrar la puerta (figura 5.29). Este esfuerzo simula la fuerza ejercida por el codo al apoyarlo mientras se va conduciendo y también el sobreesfuerzo al que se verá sometido si el ocupante se apoya en él para salir del habitáculo.

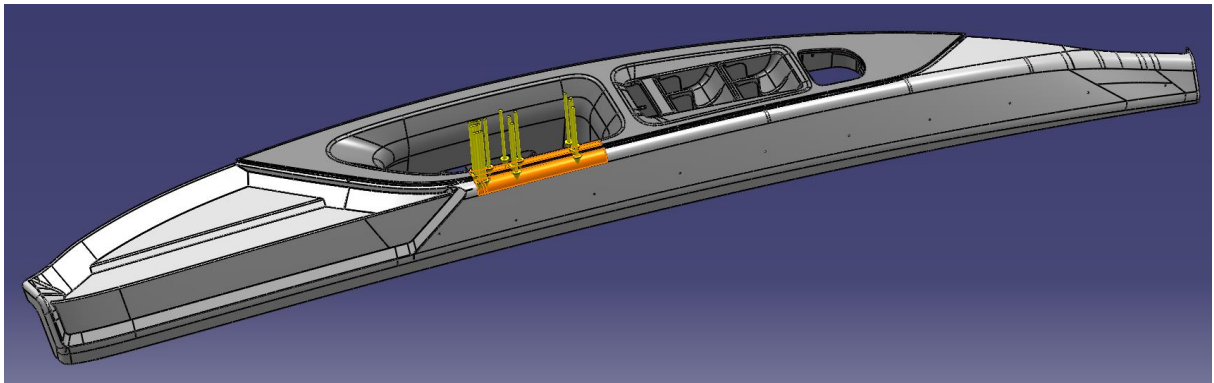


Figura 5.29: Zona de aplicación de la fuerza (vista por delante)

Se realiza el análisis de tensiones y deformaciones.

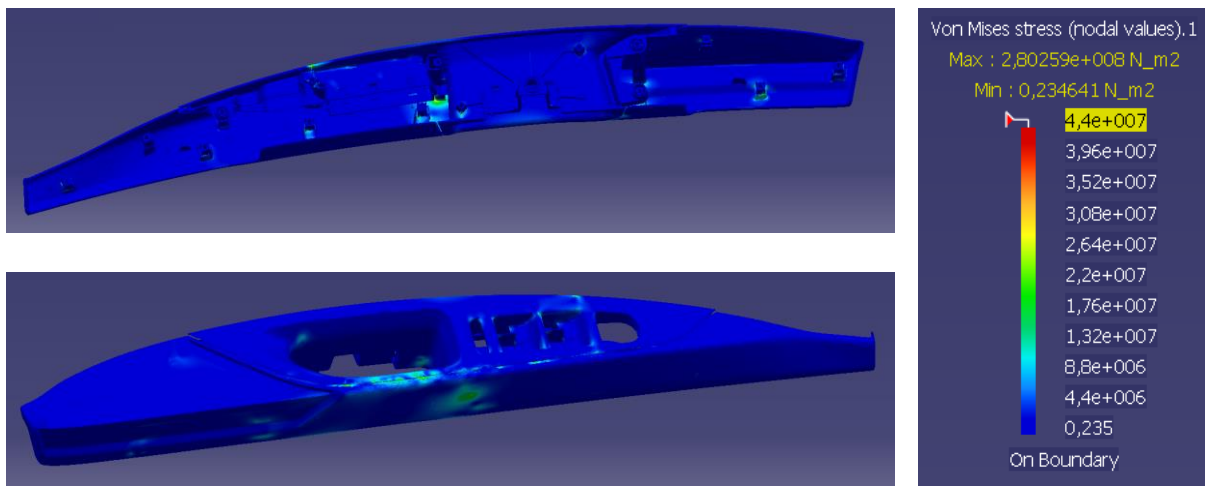


Figura 5.30: Mapa de tensiones de Von Misses. (Vista posterior / Vista por arriba)

Como muestra la figura 5.30 se produce un resultado similar al del caso F1, ya que no se observan zonas de deformación permanente en las áreas vistas y, sin embargo, se producen ligeras deformaciones plásticas en pequeñas zonas totalmente localizadas algunos nervios de las torretas donde van los tornillos e incluso en la base de una de las torretas (figura 5.31).

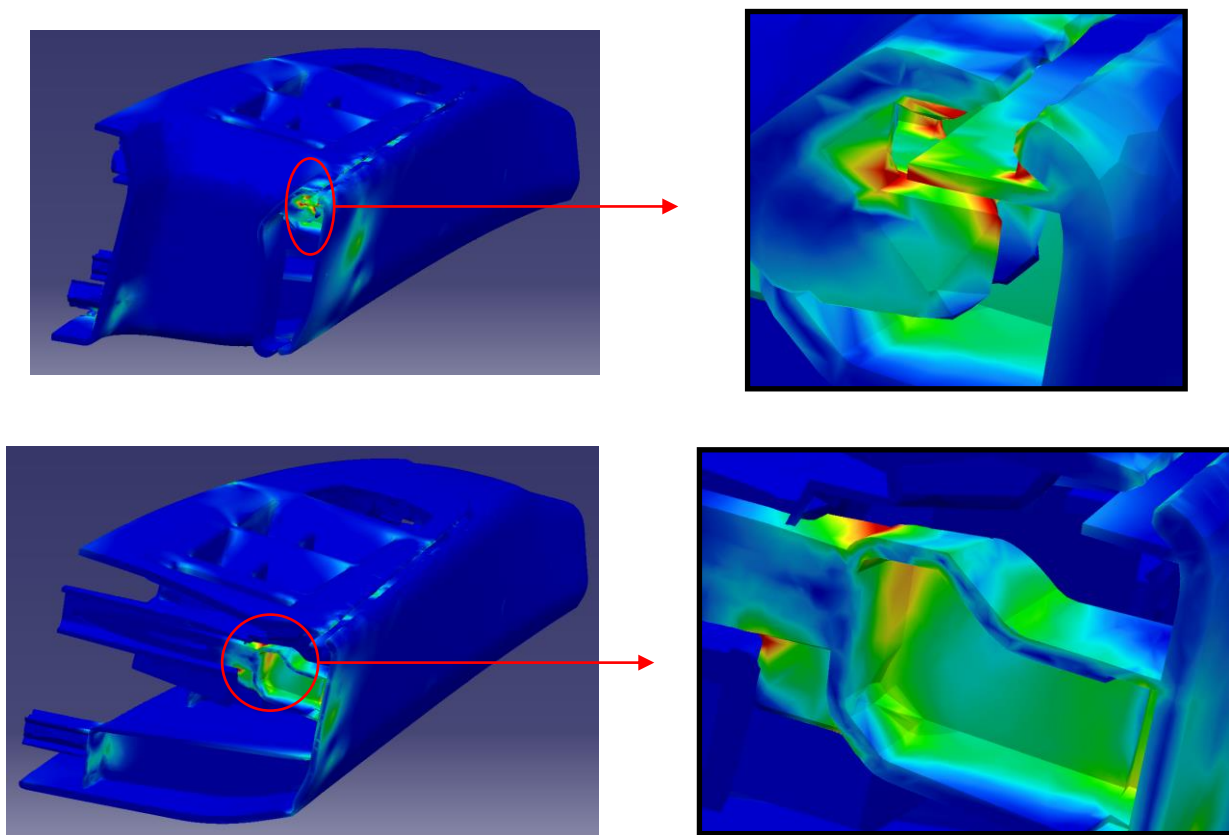


Figura 5.31: Detalles de zonas de deformación plástica (en rojo)

El valor de tensión máxima de 280 MPa corresponde a las grapas nuevamente.

La deformación máxima en la zona de aplicación de la fuerza permitida por el cuaderno de cargas es de 3 mm.

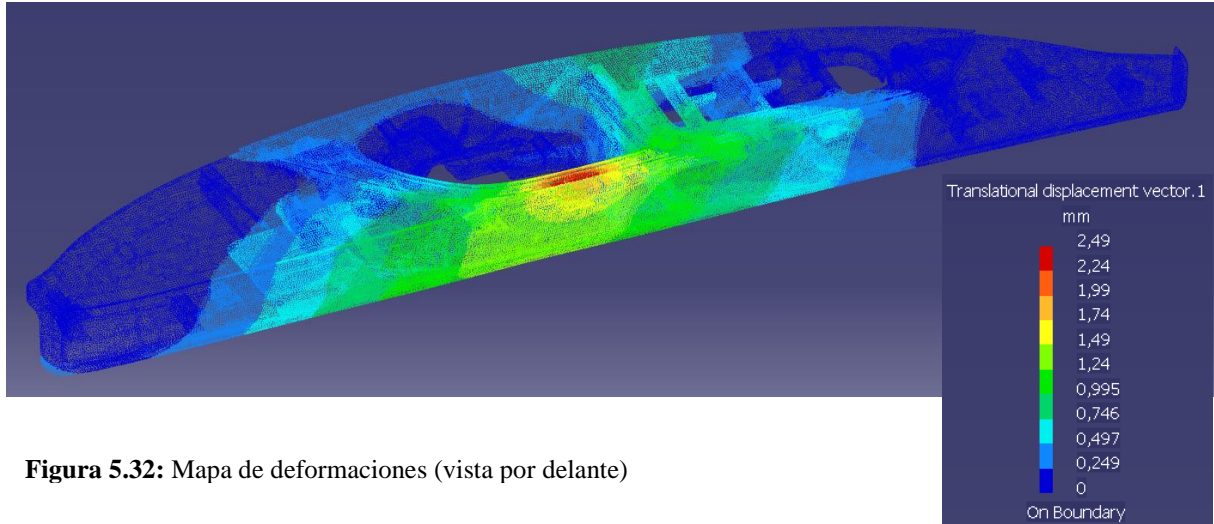


Figura 5.32: Mapa de deformaciones (vista por delante)

Se observa en la figura 5.32 una deformación máxima de 2.49 mm, con lo que se cumple con la rigidez exigida.

- **Caso F3**

En éste último caso se aplica la fuerza de 500N sobre el centro de la botonera simulando un apoyo del brazo en la misma. Se busca comprobar que a causa de la deformación de la pieza botonera no haya interferencia con los botones propiamente del alza-cristales (figura 5.33).

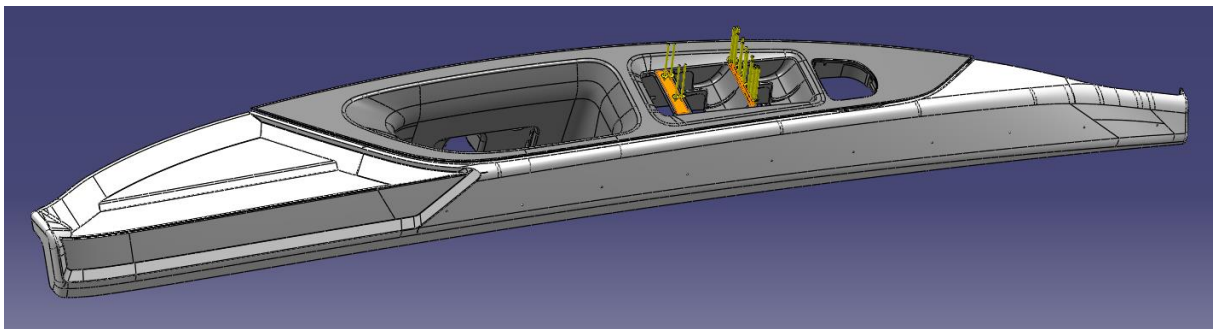


Figura 5.33: Zona de aplicación de la fuerza (vista por delante)

Se realiza el estudio por elementos finitos de las tensiones y deformaciones sufridas por el ensamblaje.

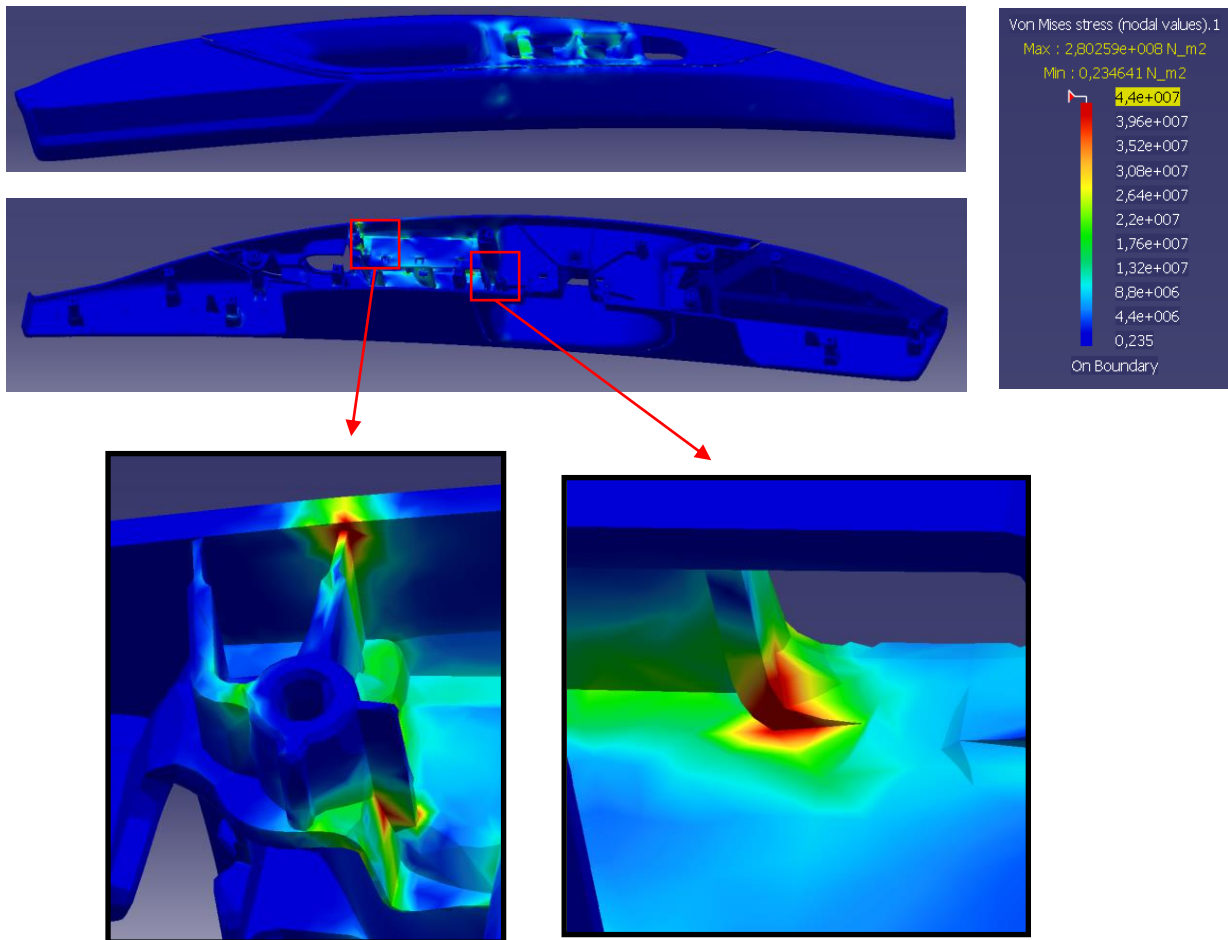


Figura 5.34: Mapa de tensiones (vista por delante) / Detalles de deformaciones plásticas (vista por detrás)

En la figura 5.34 se observa que solo se pasa a la zona de deformación plástica en las dos partes mostradas en detalle anteriormente. Alcanzan unos 73 MPa ya que se trata de zonas de concentración de tensiones. Al tratarse de áreas muy puntuales no peligra la pieza por deformación excesiva o rotura porque deformaría plásticamente una pequeña zona y se redistribuirían las tensiones; esto unido a que las deformaciones se sitúan en superficies no vistas no se trata de un problema grave ya que no se verán las marcas blancas producidas por dichas deformaciones.

La deformación máxima permitida en la zona de la botonera donde se aplica la carga es de 2 mm.

Queda manifiesto en la figura 5.35 el cumplimiento de los requisitos de deformación.

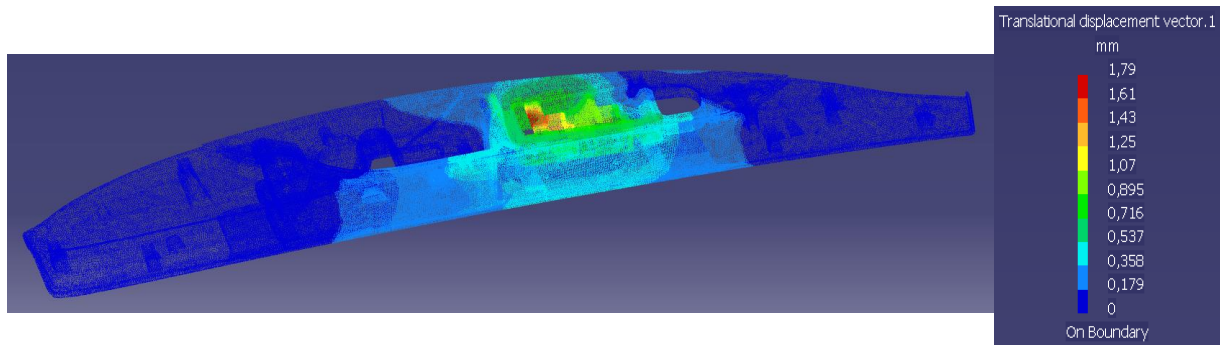


Figura 5.35: Mapa de deformaciones (visto por delante)

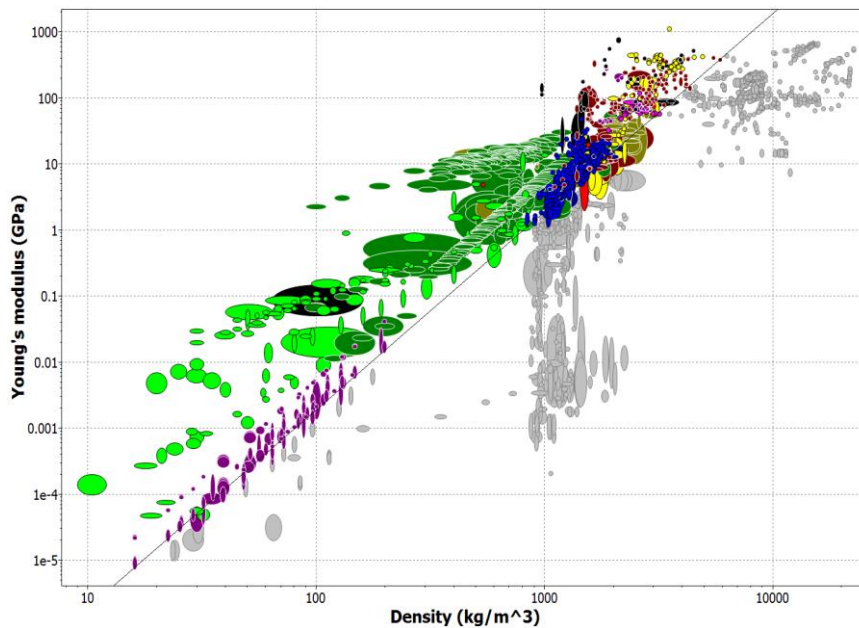


Figura 5.36: Materiales (en color) con mejor relación $E^{1/3} / \rho$

El material actual cumple con la rigidez exigida en el cuaderno de cargas. Una vez finalizado el estudio mecánico mediante simulación por elementos finitos se procede a la selección propiamente del material que conformará tanto el asidero como el apoyabrazos.

Se inicia la selección cribando todos aquellos materiales que tienen peor relación $E^{1/3} / \rho$ (figura 5.36) y $\sigma_f^{1/2} / \rho$ (figura 5.37) con respecto al material actualmente utilizado “ABS (injection molding, platable).

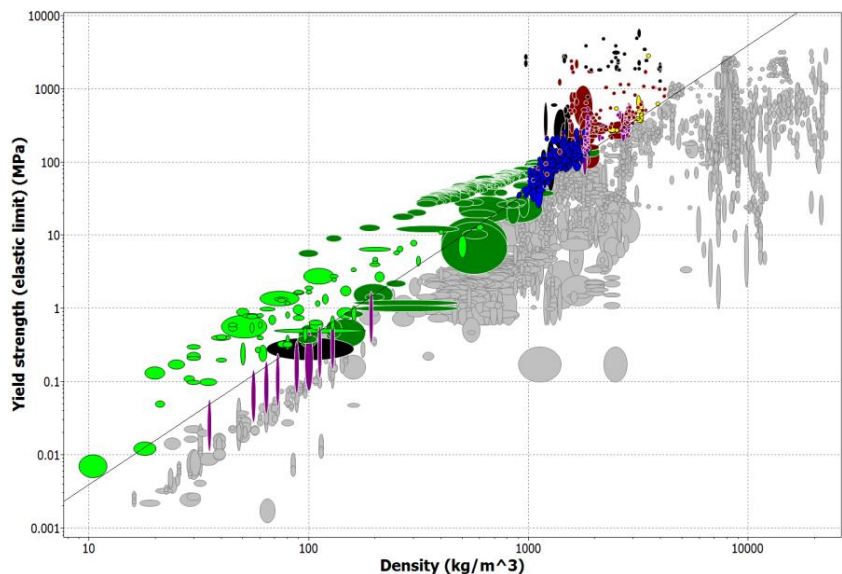


Figura 5.37: Materiales (en color) con mejor relación $\sigma_f^{1/2} / \rho$

Los materiales que mantienen el color original serán los candidatos a ser el que formará la pieza. A continuación se impondrán las condiciones al material candidato.

- Una densidad inferior a **1055 kg·m⁻³** para rebajar el peso de la pieza.
- Rebajar el precio por debajo de los **2,34 €/kg**.
- Mantener o superar un módulo de Young de **2415 MPa**.
- Un límite elástico superior a **44 MPa** para mejor resistencia en las zonas de concentración de tensiones.
- Una dureza superior a **13,9 HV** para evitar el rayado de la pieza al contactar la misma con el anillo de la mano del ocupante.
- Temperaturas de servicio entre **-30°C** y **70°C**.

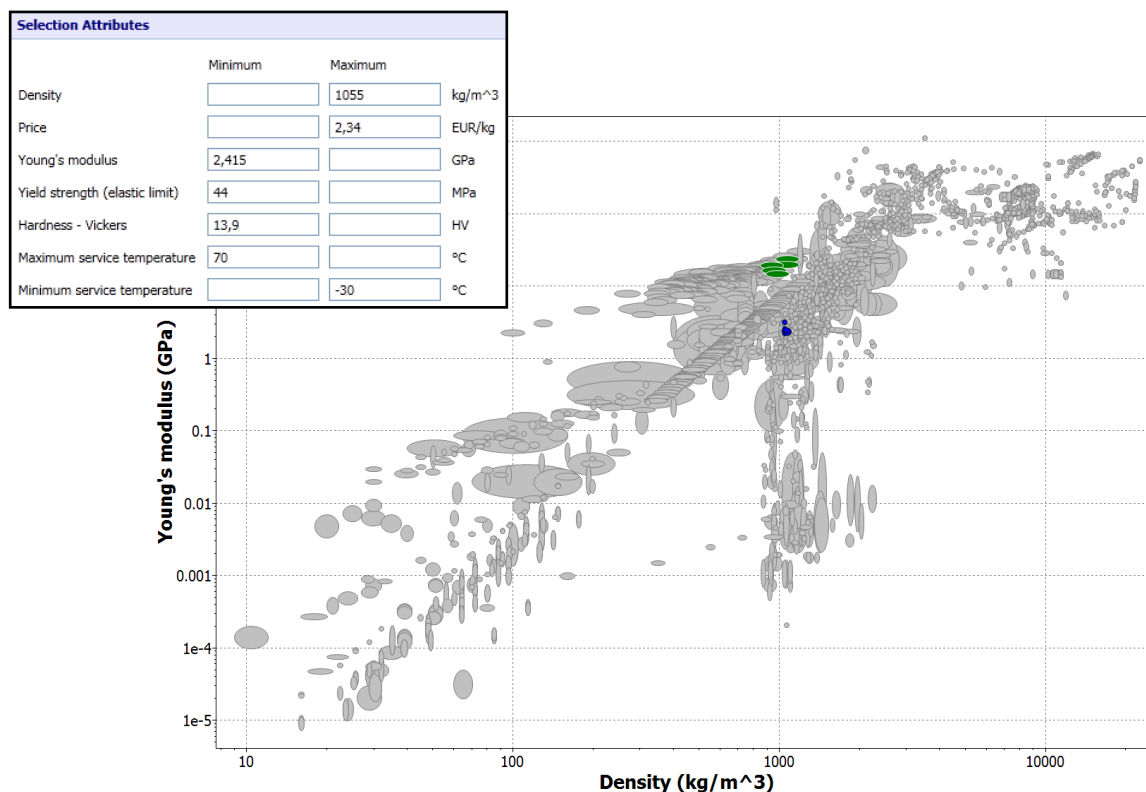


Figura 5.38: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

Quedan 10 materiales posibles de los cuales 5 son maderas y los otros 5 son polímeros (figura 5.38). Las 5 maderas se descartan inmediatamente por motivos explicados anteriormente en la cintura. De los 5 polímeros posibles uno de ellos es el actualmente utilizado, con lo que quedan 4 nuevas alternativas posibles (figura 5.39).

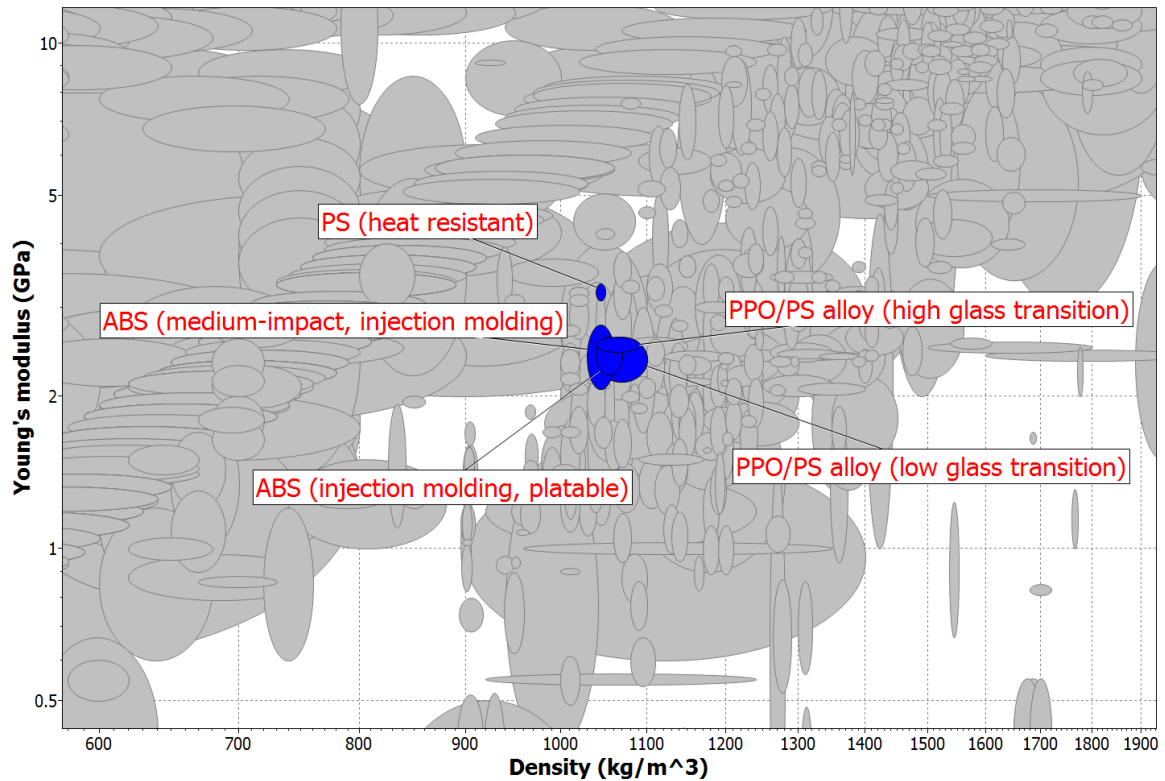


Figura 5.39: Materiales candidatos.

Se realiza en la tabla 5.5 una comparativa de las principales propiedades a debatir para la elección del material más apropiado. El material en cursiva y color gris es el actualmente en uso.

	Densidad [g/ cm ³]	Precio [€/kg]	Módulo Young [GPa]	Límite elástico [MPa]	Dureza Vickers [HV]
ABS (medium-impact, injection molding)	1045	2.34	2.415	42.05	12.65
PS (heat resistant)	1045	1.595	3.22	50.3	15.1
<i>ABS (injection molding, platable)</i>	<i>1055</i>	<i>2.34</i>	<i>2.415</i>	44	13.9
PPO/PS alloy (high glass transition)	1065	2.485	2.535	55.2	16.55
PPO/PS alloy (low glass transition)	1070	2.485	2.38	49.3	14.75

Tabla 5.5: Comparativa de materiales candidatos

Aún cuando los valores máximos de dureza y límite elástico corresponden al PPO/PS alloy (low glass transition), dicho material se descarta por su mayor densidad y precio en relación al material actual. Claramente el material elegido será el **PS (heat resistant)** debido a que mejora todas las características analizadas para estas piezas, y además posee los valores más bajos de densidad y precio.

5.1.3 Cuerpo-Panel

En el cuerpo-panel se realizan dos ensayos totalmente independientes en el lugar que forma parte de la zona superior del hueco fondo-bolsa.

◊ En el primer ensayo las **F1**, **F2**, **F3** simulan la fuerza que haría el conductor del vehículo sobre el panel-puerta de la puerta posterior derecha intentando acabar de cerrar bien la puerta (suponiendo el caso que la puerta solo hubiera efectuado el primer cierre, hecho que sucede cuando no acompaña la puerta con la suficiente fuerza). Las fuerzas están aplicadas en las posibles zonas de agarre (figura 5.40).

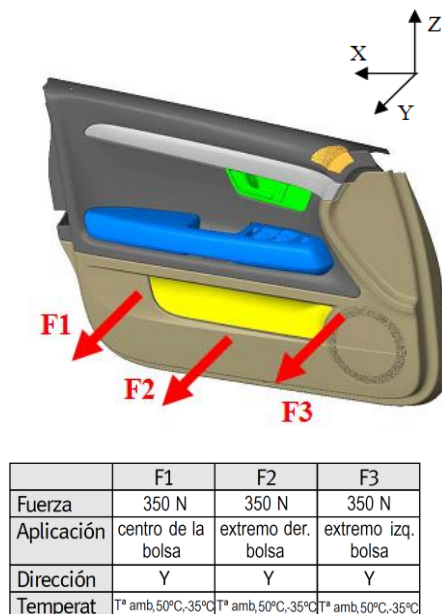




Figura 5.40: Requerimientos para el cuerpo-panel

Este ensayo consta de tres etapas diferenciadas. Cada etapa consiste en aplicar de manera súbita y casi instantánea una fuerza de **350 N** a una velocidad de **80mm/s** en cada uno de los puntos indicados en la figura. Debido a que no es un análisis estático no se puede realizar el estudio de tensiones y deformaciones por elementos finitos como en el resto de casos, es por eso que se acude a los resultados obtenidos en la simulación realizada por IDIADA (figura 5.41).

SE370 – Resultados de simulación			
Panel de puerta anterior – Resumen resultados			
Zona / Función	Casos de carga	Status	Observaciones
Bolsa	 Fy = 200 N, 23°C; Fy = 350 N, -35°C / 50°C.	Rigidez OK. Misuse: deformación plástica en extremos bolsa según simulación; posiblemente no aparece en ensayo (alta velocidad en aplicación de la carga).	Modelo de simulación presenta limitaciones. A la espera de la fase de ensayo para confirmar resultados.

 A la espera de resultados de ensayo. Limitación en los modelos de simulación.

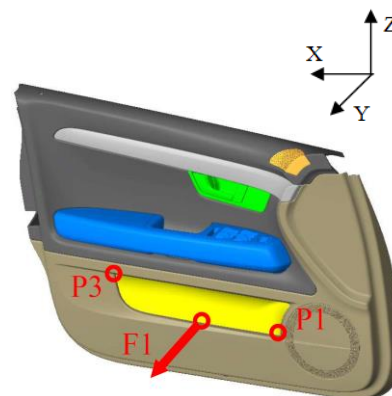
*Misuse: Es el sobreesfuerzo de 350N aplicado sobre el panel-puerta simulando el cierre de puerta.

*Rigidez: Se tiene en cuenta las deformaciones de la pieza al aplicar la fuerza.

Figura 5.41: Resultados de rigidez y maluso del panel puerta anterior. Realizado en IDIADA

El departamento de experimentación de SEAT ha realizado dicho ensayo en repetidas ocasiones y el material no ha sufrido roturas ni deformaciones plásticas. Se entiende que tales efectos no suceden a causa de que el escaso tiempo de aplicación de la fuerza no da oportunidad a que el polímero pueda fluir y por tanto deformarse o incluso llegar a romperse.

◊ El segundo ensayo simula un esfuerzo constante y continuado causado por una excesiva carga en el interior del fondo-bolsa. Es el clásico caso del taxista que lleva la guía de carreteras, la botella de agua, la máquina de las facturas, la máquina de cobrar con tarjeta,... sobreocupando el espacio entre el fondo-bolsa y el cuerpo-panel (figura 5.42).



Los puntos **P1** y **P3** son los que sufren una mayor exigencia mecánica.

	F1
Fuerza	200 N
Aplicación	Centro línea bolsa
Dirección	Y
Temperat	Tº amb

Se realiza el estudio estático mediante Catia V5.

Figura 5.42: Requerimientos para el cuerpo-panel

Como muestra la figura 5.43 antes de la simulación se procede al mallado.

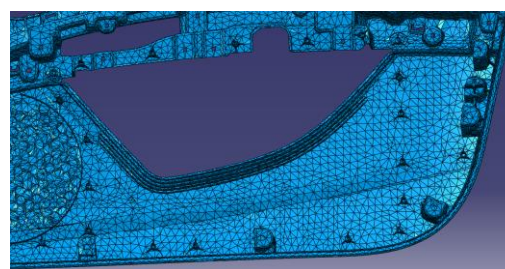
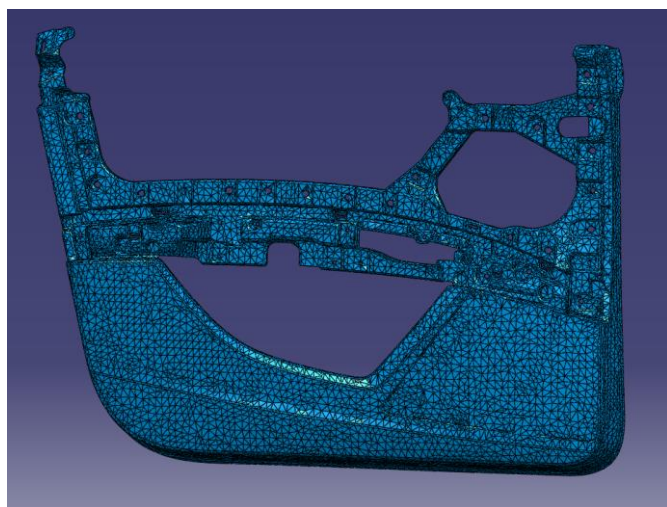


Figura 5.43: Mallado del panel puerta. Vista por delante / Detalle visto por detrás

Se observa en la figura 5.44 que se han restringido 5 de los 6 grados de libertad (exceptuando la rotación en Y, ya que lo permite el clip) en las torretas de clipaje. Se han efectuado también restricciones en los agujeros donde va collado el apoyabrazos ya que éste a su vez está fuertemente unido al armazón mediante una unión roscada. Es el mismo caso del medallón teniendo la unión roscada en el conjunto manecilla.



Figura 5.44: Restricciones colocadas en los elementos de fijación (visto por detras).

Se le aplican los 200N especificados en el cuaderno de cargas en la zona central de la tapa del fondo-bolsa (figura 5.45). La superficie donde se aplica la fuerza es similar a la que formula el mismo cuaderno.

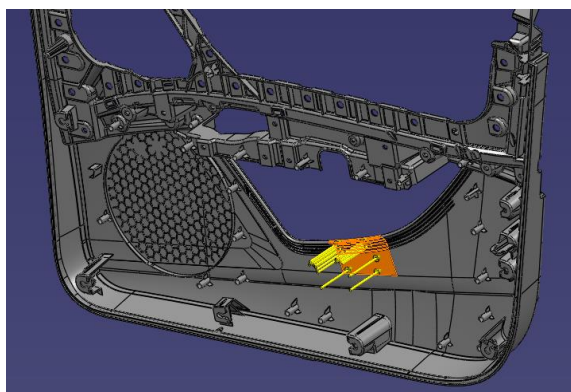


Figura 5.45: Zona de aplicación de la fuerza (visto por detras).

Se realiza el cálculo por elementos finitos de las tensiones y deformaciones que sufrirá la pieza y se observa que en zonas puntuales se alcanza la deformación plástica.

Aún así, los valores de tensión de Von Mises que indica en esas zonas el programa no son del todo ciertos. Cuando

una pieza deforma plásticamente se redistribuye el reparto de tensiones en la pieza haciendo que la concentración de tensiones en las zonas críticas no llegue a los valores indicados por el software.

Al no poder sacar información exacta de dicha simulación se ha consultado la simulación de IDIADA que posee instrumentos de simulación más potentes, que pueden analizar la zona plástica de deformación (figura 5.46).

Conclusiones

**Applus®
IDIADA**

⊕ En todos los casos se presentan deformaciones plásticas por encima de los valores límite para cada temperatura. El valor máximo siempre se produce en el canto del bolso y de forma muy localizada (es una zona oculta).

Figura 5.46: Conclusiones de los ingenieros de IDIADA.

Echando un vistazo al estudio hecho con Catia se ponen de manifiesto las coincidencias en la ubicación de las zonas de deformación permanente con las que se nombran en las conclusiones sacadas por los ingenieros de IDIADA.

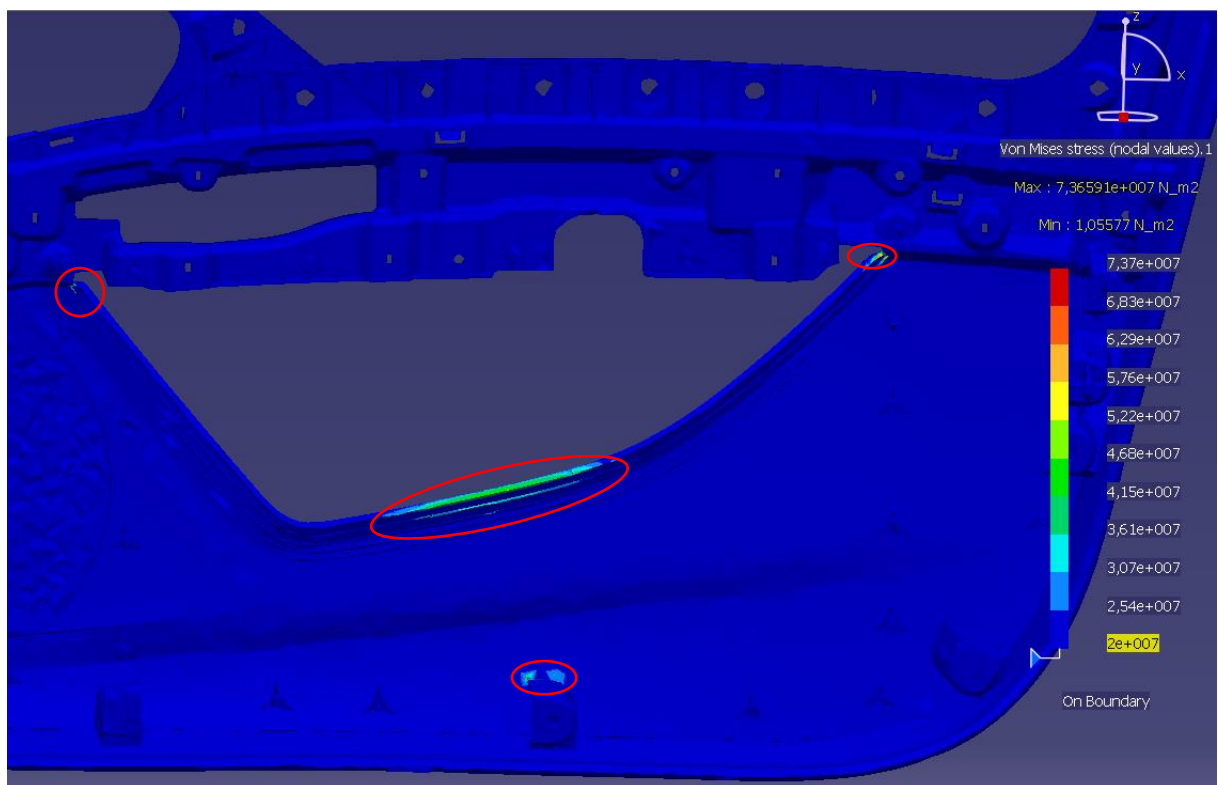


Figura 5.47: Mapa de tensiones de Von Misses (visto por detrás)

En la figura 5.47 se usa una escala de colores marcando como valor mínimo (en azul fuerte) el límite elástico del material actualmente usado. La zona que se marca de colores más claros es la que deformaría plásticamente. En la simulación de Catia aparece una nueva zona de deformación en el pie de una torreta de clipaje. La experimentación dice que en esas zonas se producen marcas blancas a causa de la deformación del plástico. No son especialmente preocupantes ya que se sitúan en zonas no vistas por el cliente “zonas ocultas”.

En el momento que el material soporta tensiones superiores a su límite elástico la pieza deforma plásticamente y en ese caso no son reales las estimaciones de deformación. Es por eso que no se puede realizar el estudio de deformaciones ya que daría resultados muy alejados de la realidad.

El primer paso en la selección de material de la pieza será la maximización de la expresión $E^{\frac{1}{3}}/\rho$ en relación al PP/PE T15 [HOSTACOM EKC 133] utilizado actualmente (figura 5.48).

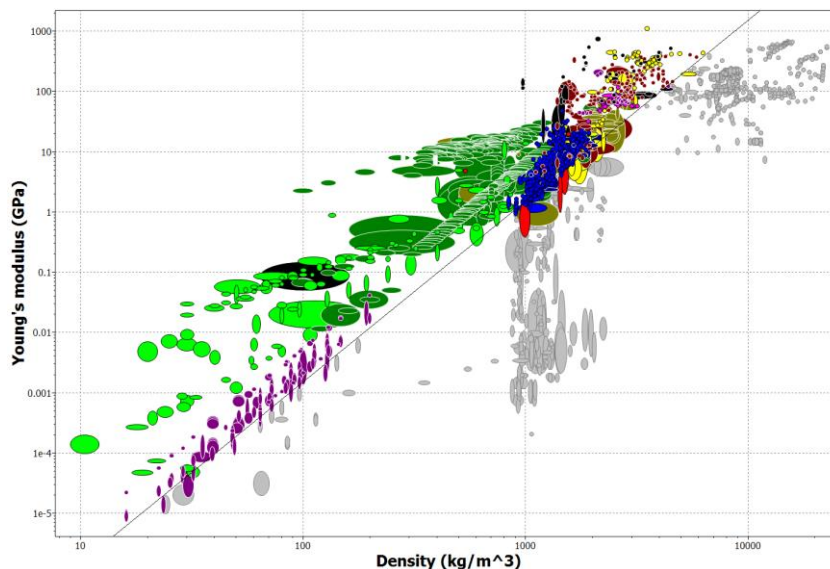


Figura 5.48: Materiales (en color) con mejor relación $E^{\frac{1}{3}}/\rho$

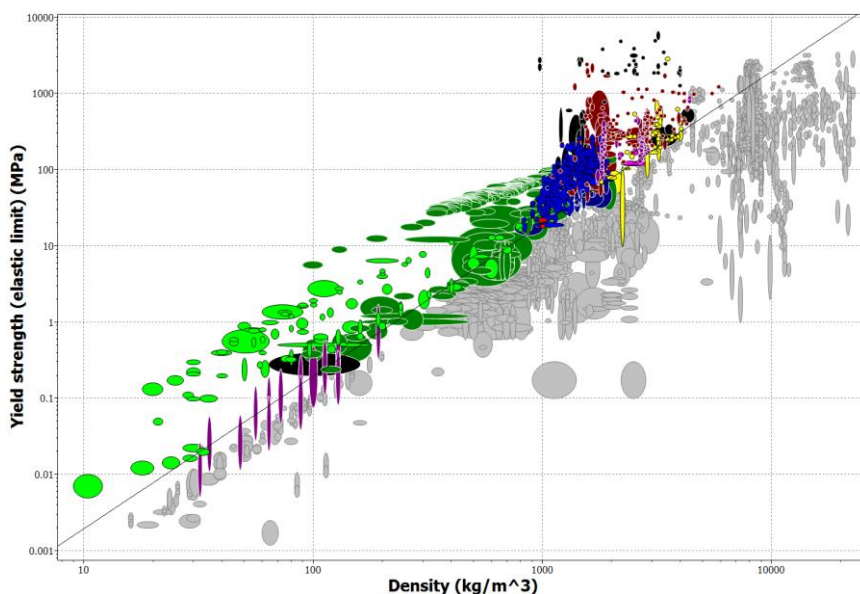


Figura 5.49: Materiales (en color) con mejor relación $\sigma_f^{\frac{1}{2}}/\rho$

El segundo paso será seleccionar los materiales con una $\sigma_f^{\frac{1}{2}}/\rho$ superior, en relación al material actual (figura 5.49).

Con el objetivo de encontrar materiales cuyas propiedades mecánicas se ajusten mejor que el actual a

los requerimientos de la pieza se proponen las siguientes exigencias:

- Una densidad menor **1019,6 kg · m⁻³** para bajar el peso total de la pieza.
- Un precio por kilogramo de material menor de **2,178 €/kg**.

- Un módulo de Young superior a **1572 MPa** para ajustar la deformación máxima de la pieza a la especificada.
- Un límite elástico superior a **25,32 MPa** para rebajar en la medida de lo posible la deformación plástica y así evitar las marcas blancas producidas por la misma.
- Una dureza igual o superior a **7,563 HV** con el objetivo de evitar el rayado de la pieza producido por el roce de la pierna o pie del cliente y el cuerpo-panel.
- Una temperatura de servicio al menos entre **-35 y 50°C**.

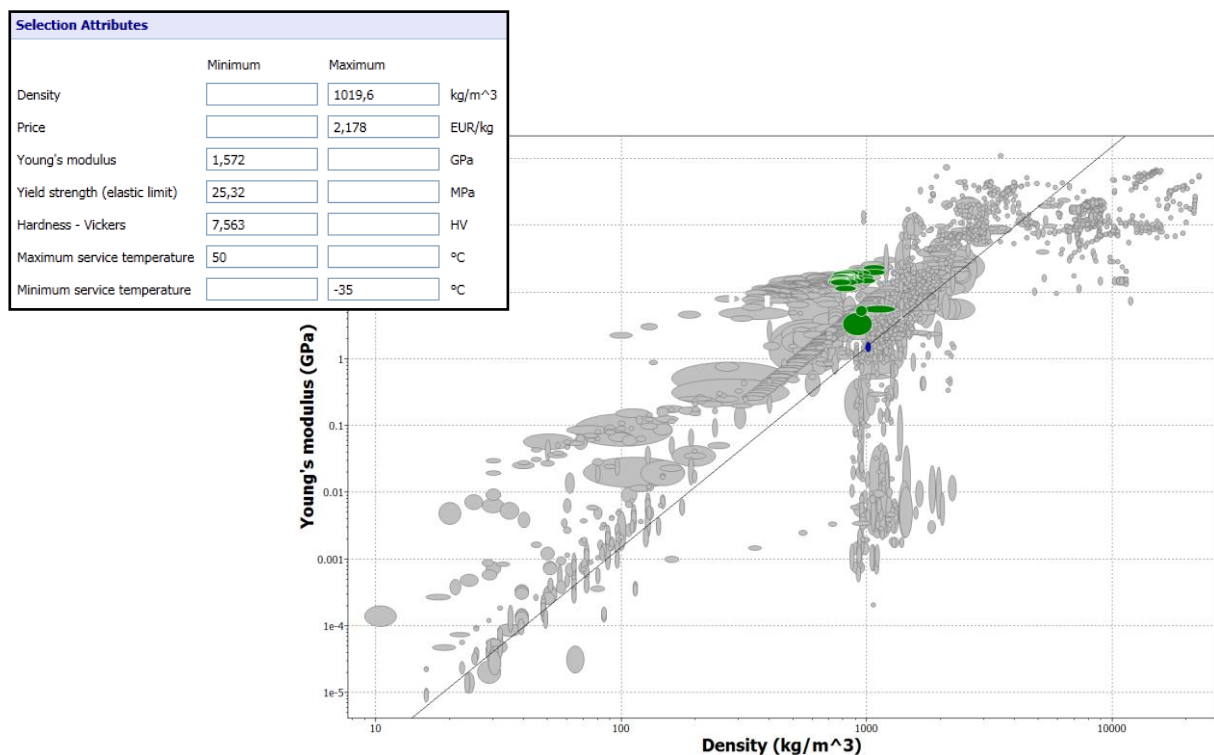


Figura 5.50: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

Quedan 34 materiales seleccionables de los cuales 33 son maderas y 1 es un polímero (figura 5.50). Se descarta el uso de madera para la conformación de las piezas del panel-puerta por las mismas razones descritas en la pieza cintura.

Después de todas las restricciones solo obtenemos un material posible mostrado en la figura 5.51, el **SB Styrene-Butadiene block copolymer (stiffer, less tough grades)**. Sus propiedades principales están en la tabla 5.6.

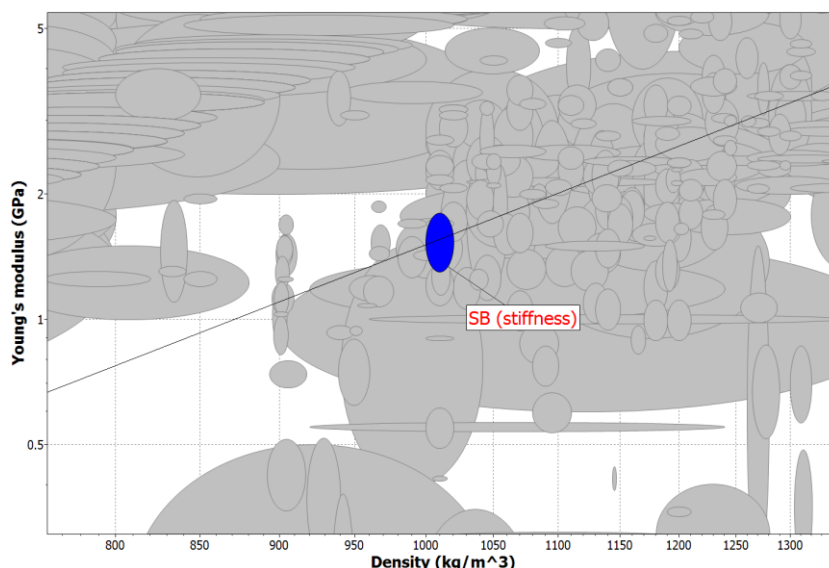


Figura 5.51: Material candidato

	Densidad [g/ cm ³]	Precio [€/kg]	Módulo Young [GPa]	Límite elástico [MPa]	Dureza Vickers [HV]
SB Styrene-Butadiene block copolymer (stiffness)	1010	2.205	1.55	26.5	7.95

Tabla 5.6: Propiedades del material candidato

La elección de material para la pieza panel-puerta es especialmente delicada ya que se trata de la pieza con más masa (un 33% del panel-puerta íntegro) con lo que ello supondría en el caso de un aumento de coste (€/kg) o de densidad (kg/m³) una repercusión elevada en el peso o coste total. Se une además la necesidad de un aumento de propiedades mecánicas, especialmente del límite elástico.

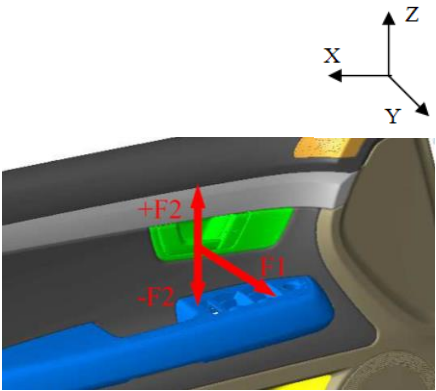
Debido a las drásticas exigencias impuestas en la selección del material no se ha encontrado ninguno que le pueda satisfacer todas. Es por ello que se han priorizado densidad y, en este caso específico, el límite elástico.

Con el nuevo material se consigue una mejora en densidad y límite elástico, aunque se produce un ínfimo aumento de precio de 0.027 €/kg, una pequeña disminución de módulo de Young (0.184 GPa) y una reducción de la dureza.

5.1.4 Manecilla

Se trata de una de las piezas que sufrirá más solicitaciones mecánicas, en número e intensidad, de todo el panel puerta.

La fuerza **F1** escenifica la máxima fuerza que el ocupante puede realizar al accionar la manecilla para abrir la puerta. Las fuerzas +/- **F2** simulan la fuerza ejercida sobre la manecilla a la hora de accionar el tirador. La más habitual es la **-F2** ya que el ocupante tiende a apoyarse en el tirador a la hora de abrir la puerta para bajarse del coche o simplemente apoya el peso del brazo en la maneta en la maniobra de apertura (figura5.52).



	F1	+ F2	-F2
Fuerza	350 N	100 N	100 N
Aplicación	20 mm del extremo manecilla	20 mm del extremo manecilla pto. apertura máx.	20 mm del extremo manecilla pto. apertura máx.
Dirección	Y	Z	Z
Temperat	Tª amb/+70°/-30°C	Tamb y a +70 °C	Tamb y a +70 °C

Figura 5.52: Requerimientos para la manecilla

Estas fuerzas +/- F2 se descubrieron cuando en un modelo durante los primeros meses después del lanzamiento se produjeron unas 500 denuncias de rotura de manecilla mientras que en las pruebas de carga no se rompían. Se llegó más tarde a la conclusión de que se fracturaban por fatiga cuando se aplicaba la combinación (F1+F2) o (F1-F2).

Se le aplica una malla a la pieza para realizarle el un estudio estructural estático por elementos finitos (figura 5.53).

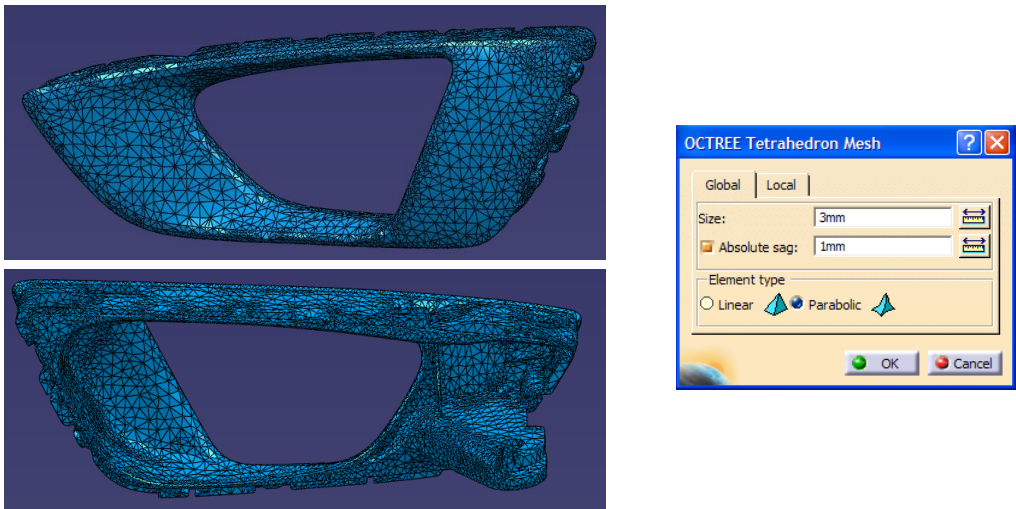


Figura 5.53: Mallado de la manecilla. (Vista por delante / vista por detrás)

A la hora de fijar las restricciones se disponen de tal manera que permitan la rotación y desplazamiento en z de las caras cilíndricas que han de albergar el eje de la manecilla,

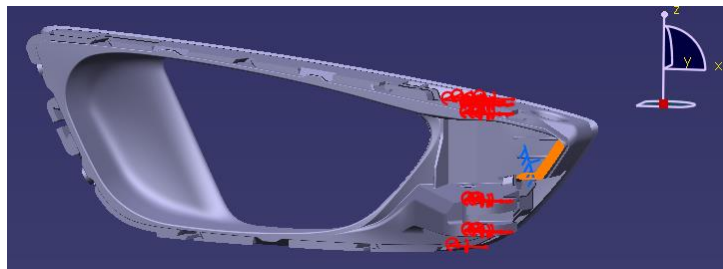


Figura 5.54: Restricciones en la manecilla (vista por detrás).

además se fija la traslación en z de las caras superiores perpendiculares e inmediatamente colindantes al eje (restricciones rojas). La zona naranja está fijada ya que es la que hace de tope de apertura de la manecilla (figura 5.54).

Se aplican a la pieza las tres cargas, anteriormente expuestas en la figura 5.52, de manera independiente.

- **Caso F1**

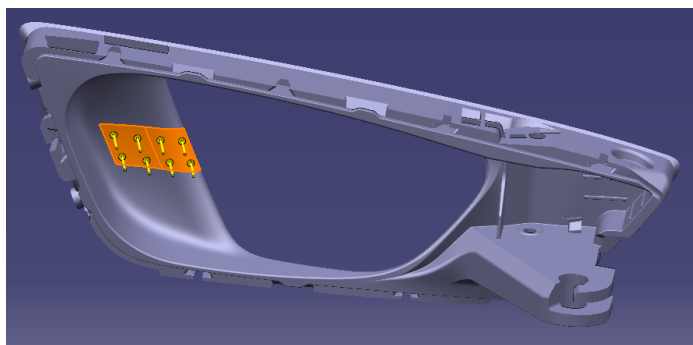


Figura 5.55: Zona de aplicación de la fuerza (vista por detrás).

En este primer caso se aplica la **F1**. Según marcan las especificaciones se aplica a 20 mm del extremo de la manecilla mediante un útil de forma cilíndrica de 10 mm de diámetro (figura 5.55).

Se realiza el cálculo por el método de Gauss mediante Catia y se obtienen los resultados de tensiones de Von Misses expuestos en la figura 5.56.

Echando un vistazo a la tensión máxima de la pieza se observa que se sitúa alrededor del doble del límite elástico de la pieza. Parece que en este caso se rompería la pieza o, al menos, se deformaría plásticamente de forma preocupante.

Se procede a identificar las zonas que superan el límite elástico en la pieza. Para ello se fija como límite superior (en rojo) el límite elástico del material de tal forma que las zonas marcadas en rojo son las únicas que superan el límite elástico del material (figura 5.56).

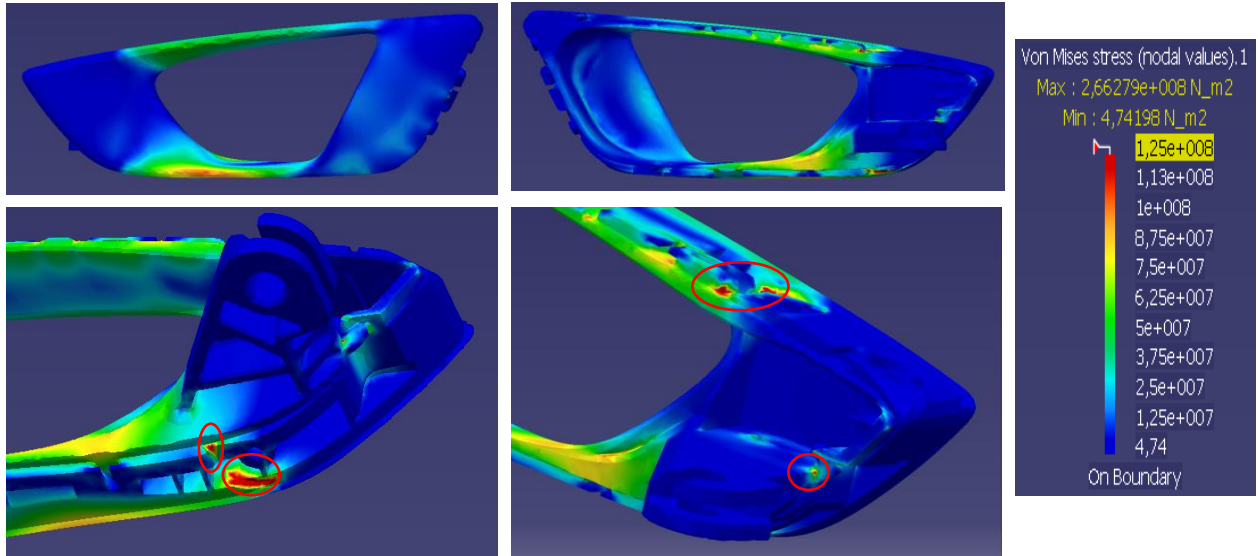


Figura 5.56: Mapa de tensiones de Von Misses. (Vista por delante / vista por detrás / detalles de deformaciones plásticas)

Es destacable que las “zonas rojas” son muy escasas y esencialmente puntuales. Se sitúan en aristas o vértices ya que son zonas de concentración de tensiones. Cabe destacar que la profundidad de las zonas de deformación plástica es relativamente pequeña. Esto unido a que la pieza en estudio va rodeada de un “marco manecilla” que, aparte de servir como elemento estético sirve también como elemento estructural soportando parte de las tensiones, hace que no se vea comprometida la integridad de la pieza (figura 5.57).

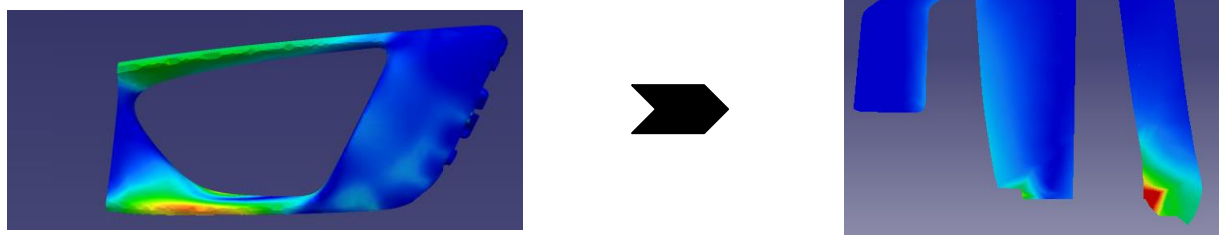


Figura 5.57: Mapa de tensiones de Von Misses para una sección de la manecilla

Cabe la posibilidad que quedaran marcas blancas en el material a causa de la deformación plástica pero no resultarían preocupantes ya que quedarían localizadas en zonas no vistas por el cliente una vez montada la manecilla.

En este caso no existe ninguna restricción en lo que deformación máxima se refiere.

- **Caso -F2**

Se le aplica a la manecilla la carga **-F2** simulando el apoyo que realizaría el conductor sobre la manecilla a la hora de abrir o cerrar la puerta (figura 5.58).

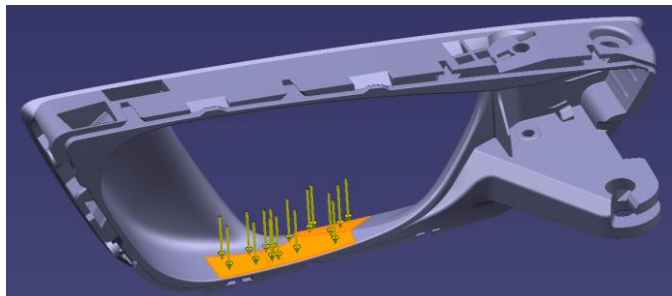


Figura 5.58: Zona de aplicación de la fuerza

Se calculan las tensiones de la pieza obteniéndose los siguientes resultados.

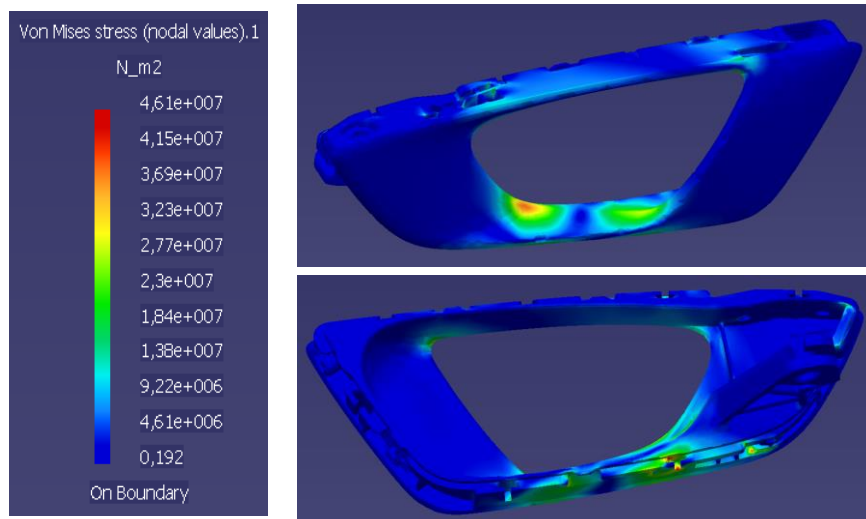


Figura 5.59: Mapa de tensiones de Von Misses (vista delantera / vista trasera)

Se observa en la figura 5.59 que la tensión máxima soportada por la pieza no supera el límite elástico.

En este caso sí existen unas especificaciones en referencia a las deformaciones. Se exige una deformación máxima inferior a 4

mm. Su cumplimiento queda manifiesto en la figura 5.60.

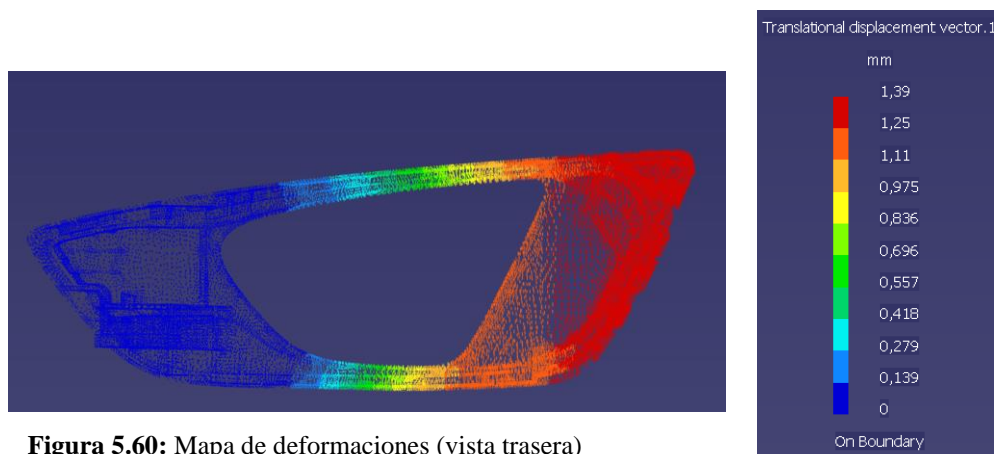


Figura 5.60: Mapa de deformaciones (vista trasera)

- **Caso +F2**

En este último caso se le aplica una la fuerza +F2 simulando otro mal uso de la manecilla. Éste sería el caso de cerrar la puerta estirando de la manecilla sobre todo si es por parte de una persona de gran estatura (figura 5.61).

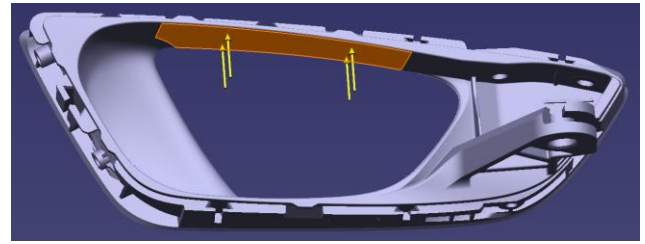


Figura 5.61: Zona de aplicación de la fuerza (vista trasera)

Se presenta a continuación el estudio de deformaciones y tensiones de la pieza obteniendo resultados muy similares al del caso anterior.

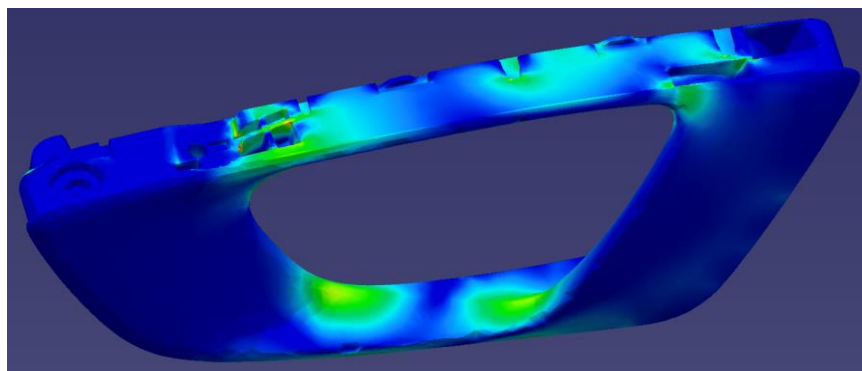


Figura 5.62: Mapa de tensiones de Von Mises (vista delantera).

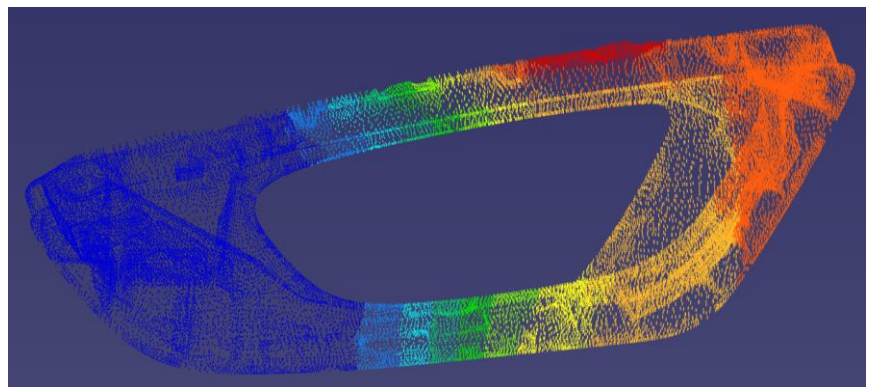
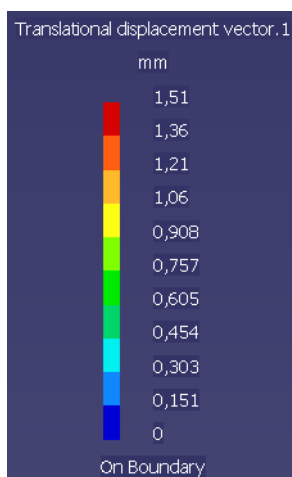
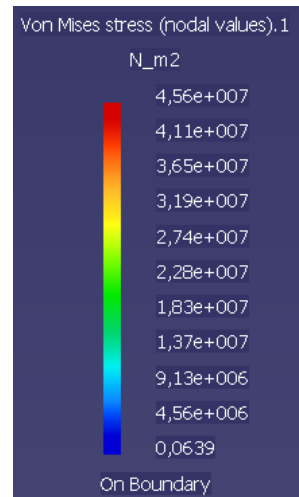
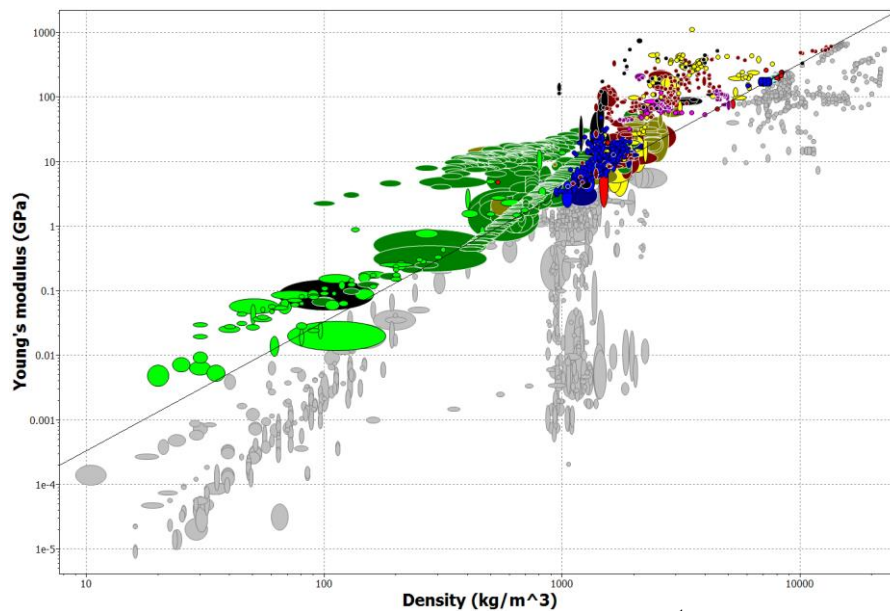


Figura 5.63: Mapa de deformaciones (vista delantera).

En ninguna zona supera el límite elástico del material actual (figura 5.62). Tampoco supera el límite de 4 mm de deformación máxima (figura 5.63).

En el caso de la manecilla se asimila la pieza a una barra “beam” cargada a flexión y es por eso que cambiarán, respecto a las piezas anteriores, los criterios de criba en las relaciones $E-\rho$ y $\sigma_f-\rho$.



En la figura 5.64 se seleccionan los materiales que mejoran la relación $E^{1/2} / \rho$ (pendiente 2) respecto al **PA6 con 30% de fibra de vidrio [Akulon K224-G6]**.

Figura 5.64: Materiales (en color) con mejor relación $E^{1/2} / \rho$

Manteniendo esta primera selección, en la figura 5.65, se procede a la siguiente criba en la cual se busca una mejora en la relación $\sigma_f^{2/3} / \rho$ (pendiente 1.5) respecto al que actualmente se utiliza.

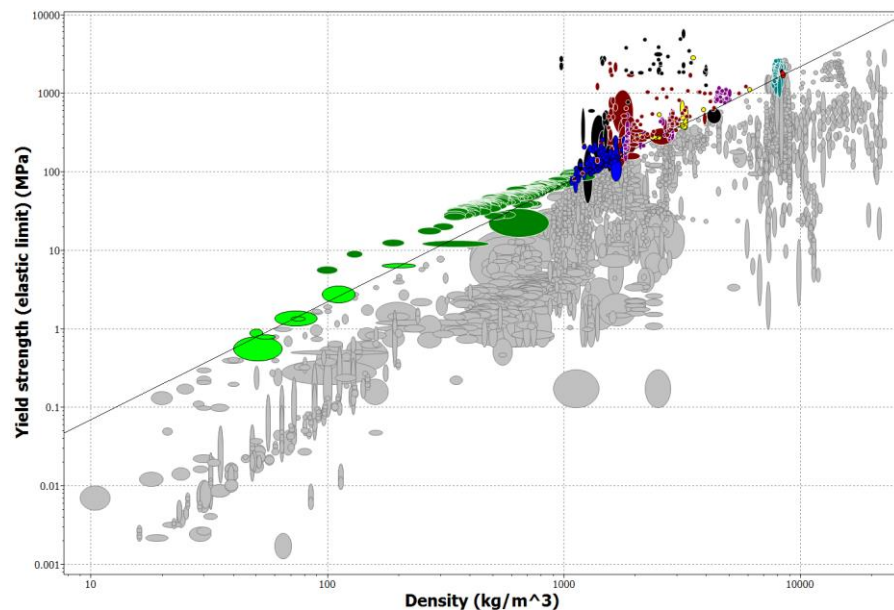


Figura 5.65: Materiales (en color) con mejor relación $\sigma_f^{2/3} / \rho$

Se exigen las siguientes propiedades referidas al material actual (figura 5.66):

- Una densidad inferior a **1350 kg·m⁻³** para rebajar el peso de la pieza.
- Rebajar el precio por debajo de los **3,32 €/kg**

- Mantener o superar un módulo de Young de **6 MPa**.
- Un límite elástico superior a **125 MPa** para mejor resistencia en las zonas de concentración de tensiones.
- Temperaturas de servicio entre **-40** y **80°C**.
- Ha de ser un material con un comportamiento aceptable a la exposición de rayos UV y al contacto con agua.

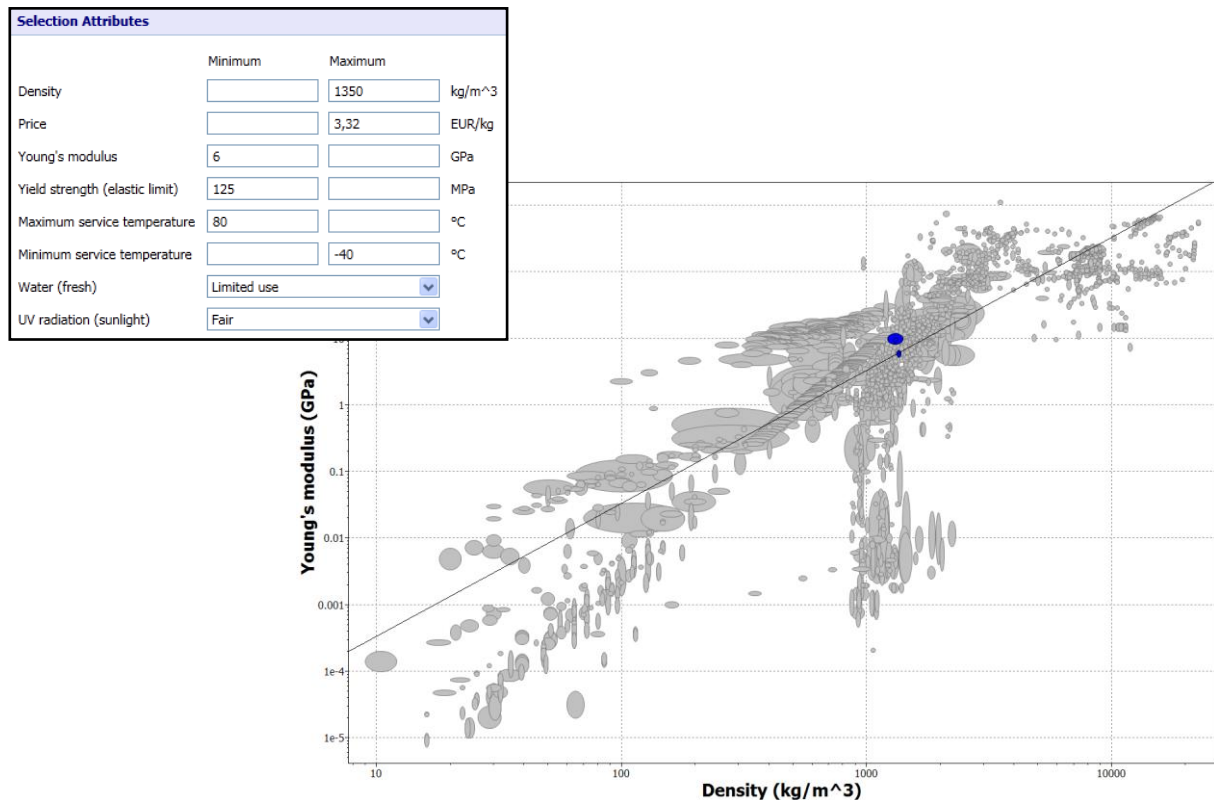


Figura 5.66: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

Una vez aplicadas las condiciones anteriores restan sólo 3 polímeros que las cumplan (figura 5.67).

Observamos que uno de estos materiales es el actualmente utilizado. Es por ello que realizaremos una comparativa de las propiedades más importantes para la pieza manecilla con el fin de asignarle el material más adecuado (tabla 5.7). Se observa la dureza en la comparativa debido a la importancia del no rayado de la pieza por los anillos de los ocupantes.

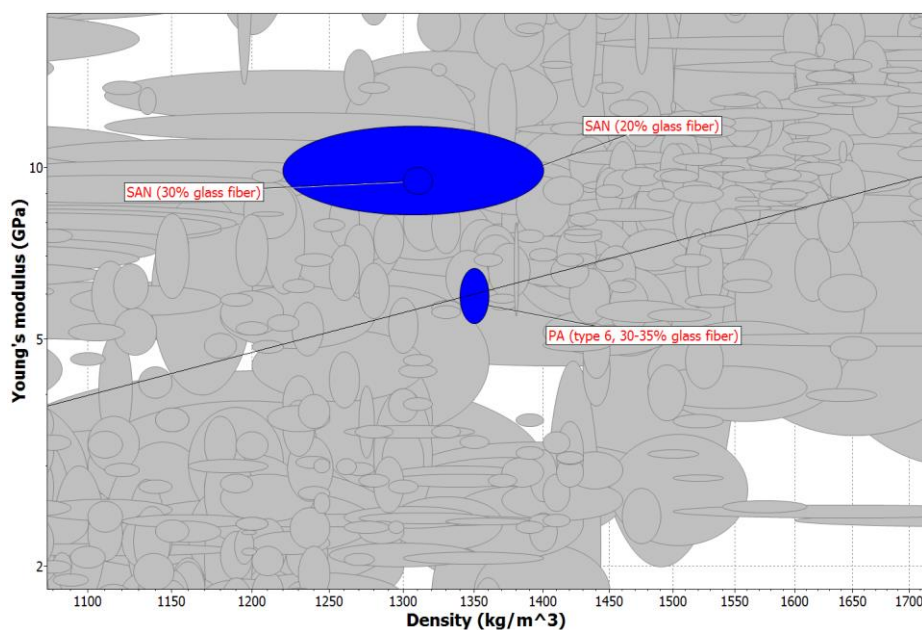


Figura 5.67: Materiales candidatos

	Densidad [g/ cm ³]	Precio [€/kg]	Módulo Young [GPa]	Límite elástico [MPa]	Dureza Vickers [HV]
PA (type 6, 30-35% glass fiber)	1350	3,32	6	125	37,5
SAN (20% glass fiber)	1310	2,64	10	115,5	34,65
SAN (30% glass fiber)	1310	2,63	9,5	102,5	30,75

Tabla 5.7: Comparativa de los materiales candidatos

Con el objetivo de reducir peso y precio en las piezas se han tenido en cuenta materiales similares en propiedades mecánicas pero con menor peso o precio. El material elegido es el **SAN (20% glass fiber)** ya que posee la mejor densidad de los tres candidatos y un precio similar al más barato. Se produce una leve disminución del límite elástico en un 7.6% y de la dureza también en un 7.6%.

No se observa gran cambio en la simulación si en la escala de colores se sitúa el límite elástico en 115,5 MPa. Únicamente se observa una mínima ampliación de la zona que deforma plásticamente, pero al tratarse de zonas muy puntuales y no vistas por el cliente se hace una excepción aceptando un material con menor límite elástico. Es por eso que se da por buena la elección.

5.1.5 Medallón

En el caso del medallón no existe ninguna exigencia que deba cumplirse en el cuaderno de cargas, por ser una pieza que no tendrá que sufrir ninguna sollicitación mecánica directa. Solo recibirá algunas fuerzas leves y pequeñas deformaciones a causa de las interacción con las piezas colindantes a las que va unida.

El único problema que se plantea a simple vista es que se trata de una pieza relativamente plana y, por tanto, con aparentes problemas de escasa rigidez al aplicar una fuerza en las zonas alejadas de fijaciones, nervios o dobleces. Si el medallón no cumpliera con la rigidez adecuada se vería comprometida la seguridad de los ocupantes del vehículo en caso de accidente con colisión lateral, ya que podrían golpear a dicho ocupante elementos de la puerta.

Es por ello que en acuerdo con los servicios técnicos de SEAT se establece una hoja de control con los 6 puntos menos resistentes a la deformación del medallón (figura 5.68).

En cada uno de los puntos se le aplicará el siguiente ensayo.

Temperatura de ensayo:

23 +/-5°C y 70°C

Carga de ensayo:

50N

Deformación permitida:

<2mm

Útil de ensayo: aplicador

esférico de C 25 mm

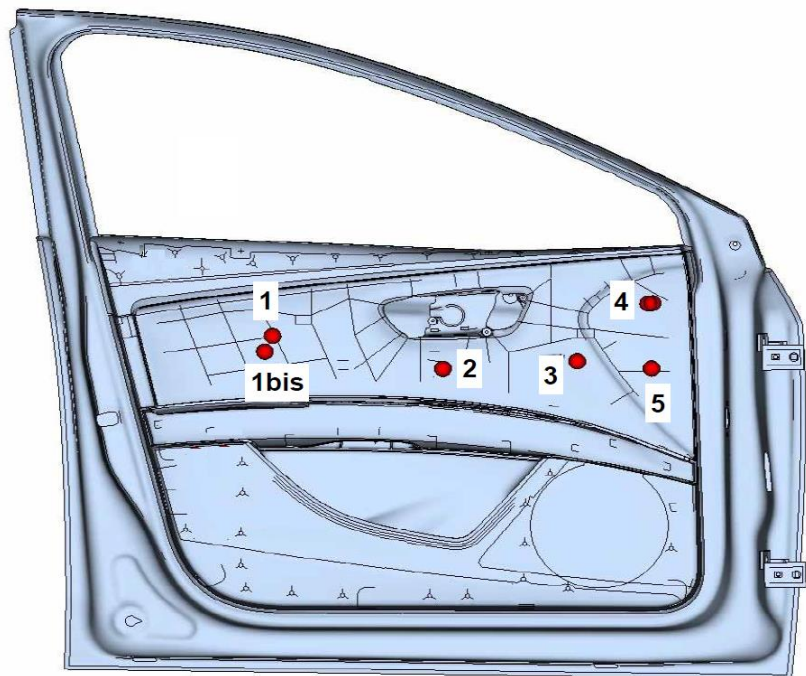
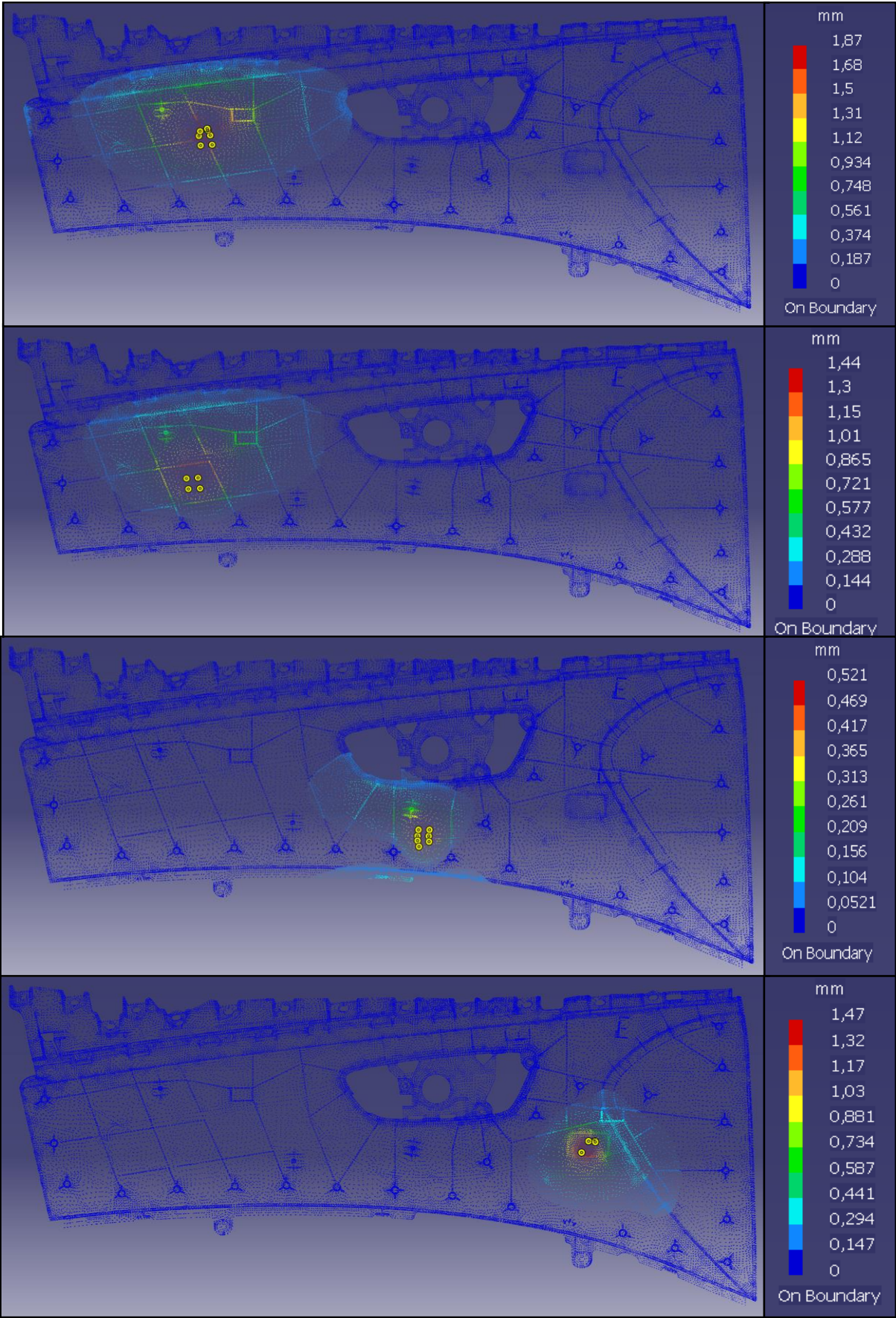


Figura 5.68: Puntos de mínima rigidez del medallón.

Se realiza una simulación de cada ensayo por elementos finitos utilizando el material actual con el objetivo de averiguar si es lo suficientemente rígido a la hora de seleccionar un material para esta pieza (figura 5.69).



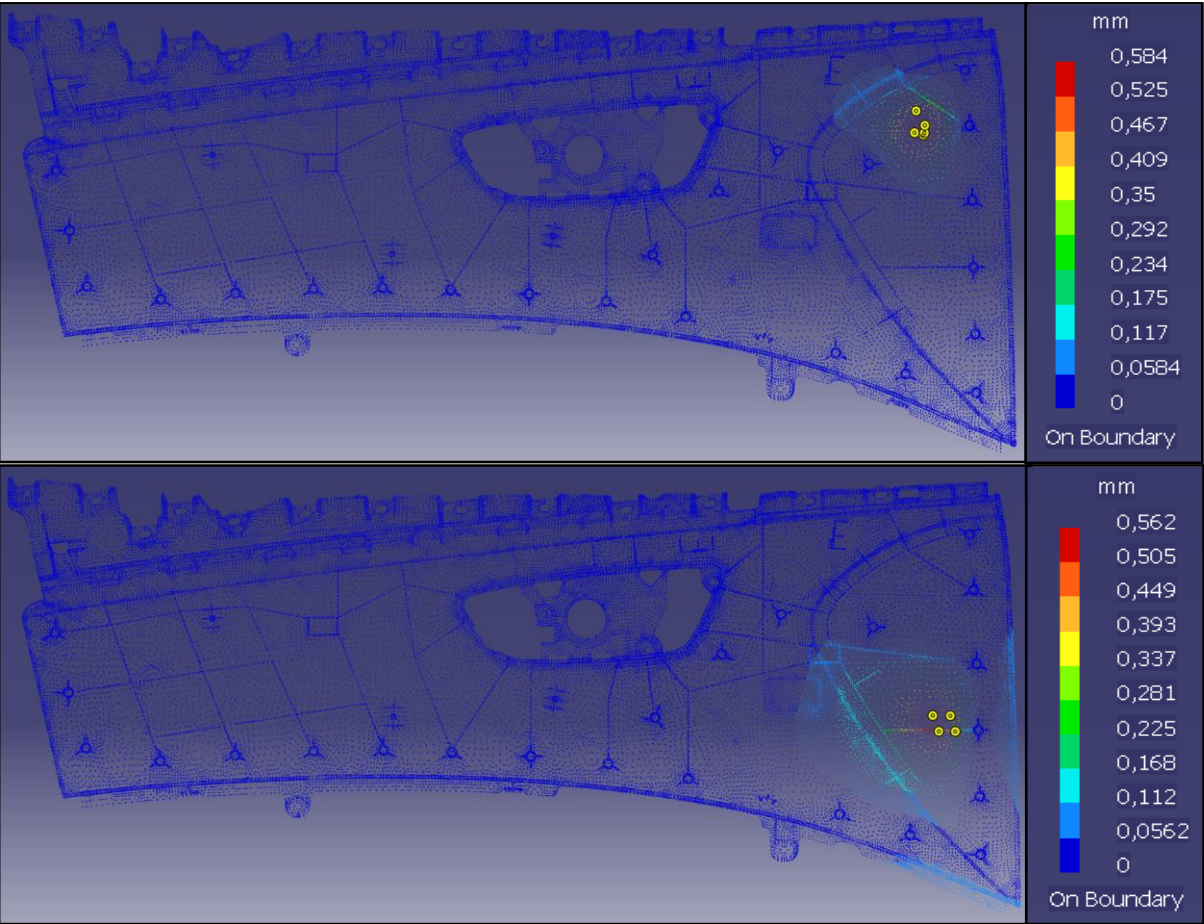


Figura 5.69: Mapa de deformaciones de los puntos más débiles del medallón (visto por delante).

Puntos	Deformación [mm]	Límite elástico [MPa]
1	1,87	12,6
1(bis)	1,44	11
2	0,521	9,78
3	1,47	11,8
4	0,584	7,32
5	0,562	16,9

Tabla 5.8: Tabla resumen de tensiones y deformaciones en los puntos de estudio.

Como era de esperar con el material actual se pasa el ensayo con éxito. Se muestra en la tabla 5.8.

La deformación máxima se produce en el punto 1 y la tensión máxima

corresponde al ensayo en el punto 5.

A continuación se procede a la selección de material intentando reducir precio y densidad.

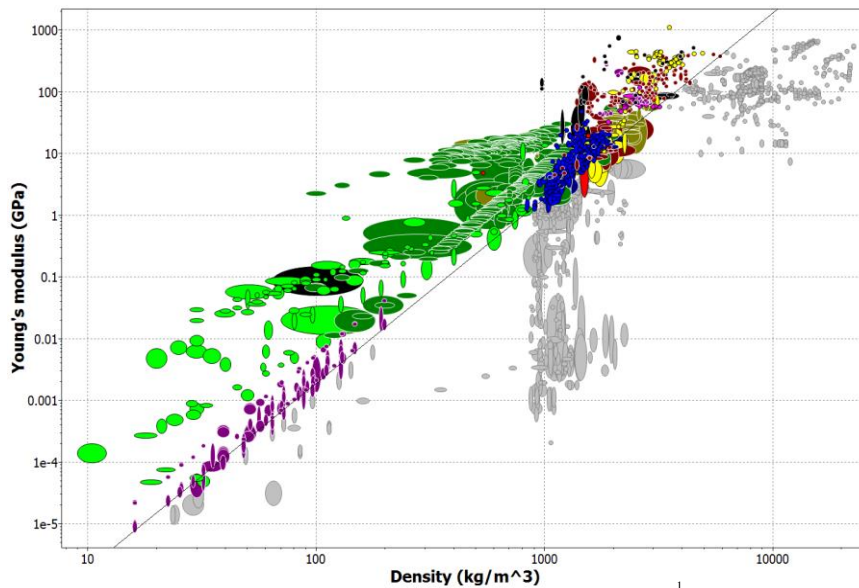


Figura 5.70: Materiales (en color) con mejor relación $E^{1/3} / \rho$

El primer paso de selección es idéntico al del cuerpo-panel ya que se trata del mismo material actual y se consideran ambos como placas planas.

Se descartan los materiales que empeoran las relaciones $E^{1/3} / \rho$

(figura 5.70) y $\sigma_f^{1/2} / \rho$ (figura 5.71).

Se les aplican las propiedades mecánicas que debe poseer el material escogido a los materiales coloreados en la figura 5.71.

Se enumeran las diferentes características que deberá cumplir el material propuesto.

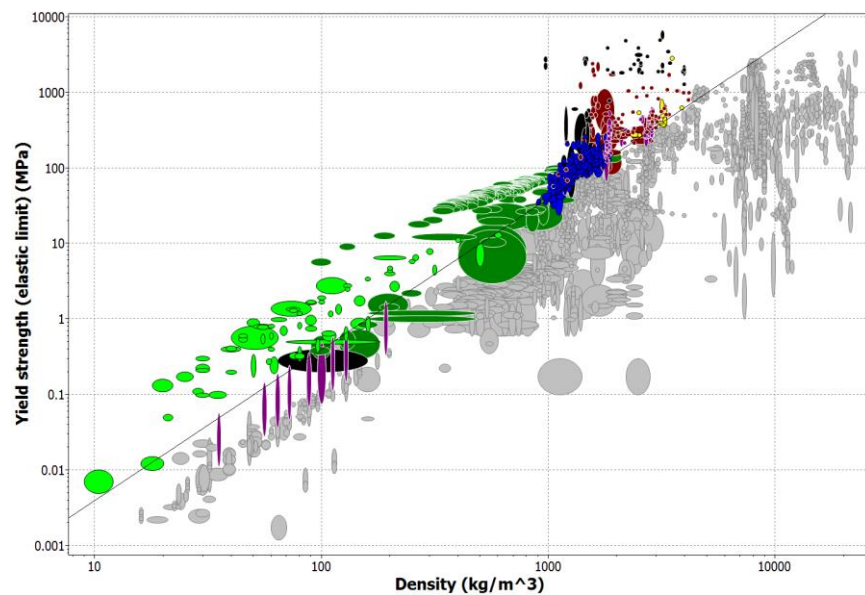


Figura 5.71: Materiales (en color) con mejor relación $\sigma_f^{1/2} / \rho$

El ensayo más desfavorable en cuanto a deformación se refiere es en el punto 1. Es por ello que se busca el mínimo módulo de Young que cumpla con una deformación < 2mm.

Se averigua que el valor límite de módulo de Young es 1600 MPa (figura 5.72).

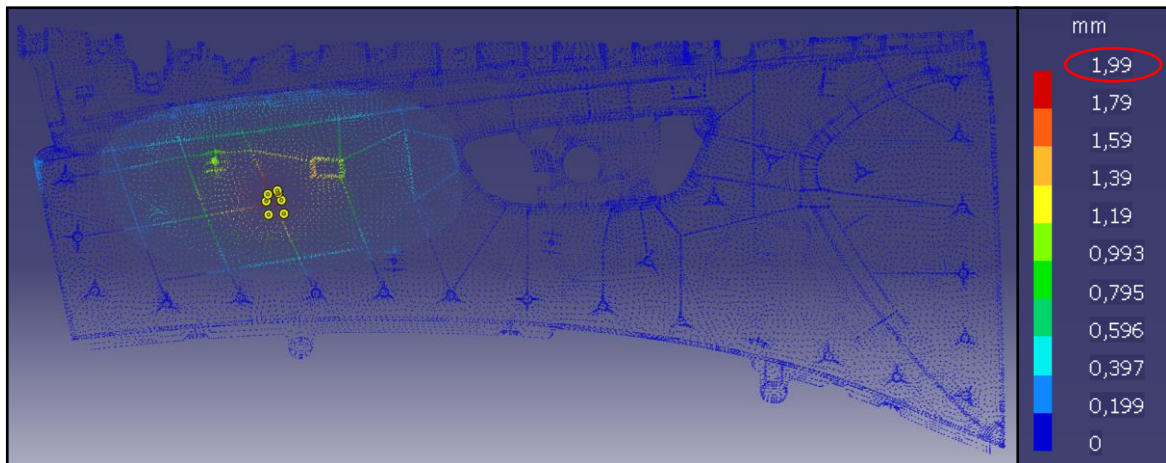


Figura 5.72: Mapa de deformaciones en el punto menos rígido del medallón.

- Un módulo de Young superior a **1600 MPa**

La máxima tensión que habrá de resistir la pieza son 16.9 MPa en el ensayo sobre el punto 5 (figura 5.73).

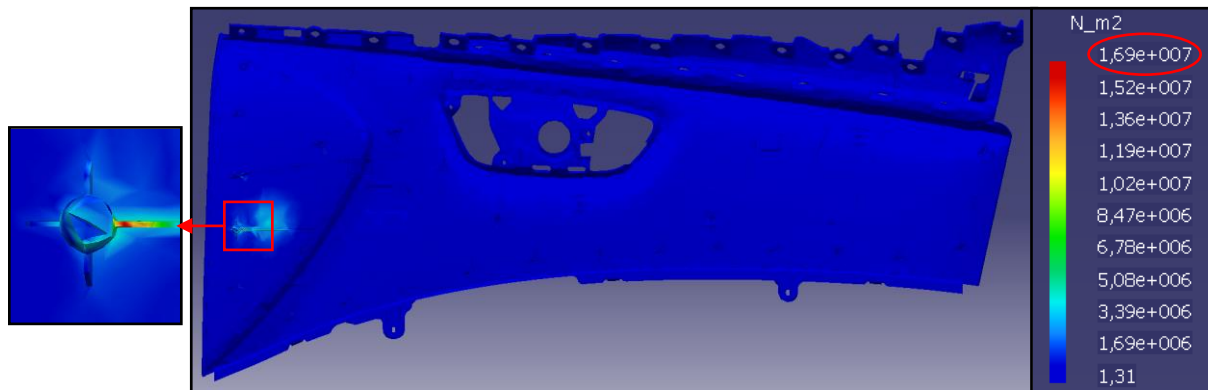


Figura 5.73: Detalle de la zona de máxima tensión del medallón (detalle vista frontal/ pieza vista trasera)

- Un límite elástico superior a **16.9 MPa**
- Una temperatura de servicio garantizada entre **18 y 70°C**.
- Una dureza superior a **7.563 HV** para evitar el rayado con el anillo en algún roce fortuito.
- Una densidad menor de **1020 [kg·m⁻³]**
- Un precio menor de **2.178 €/kg** para reducir el coste total de la pieza.

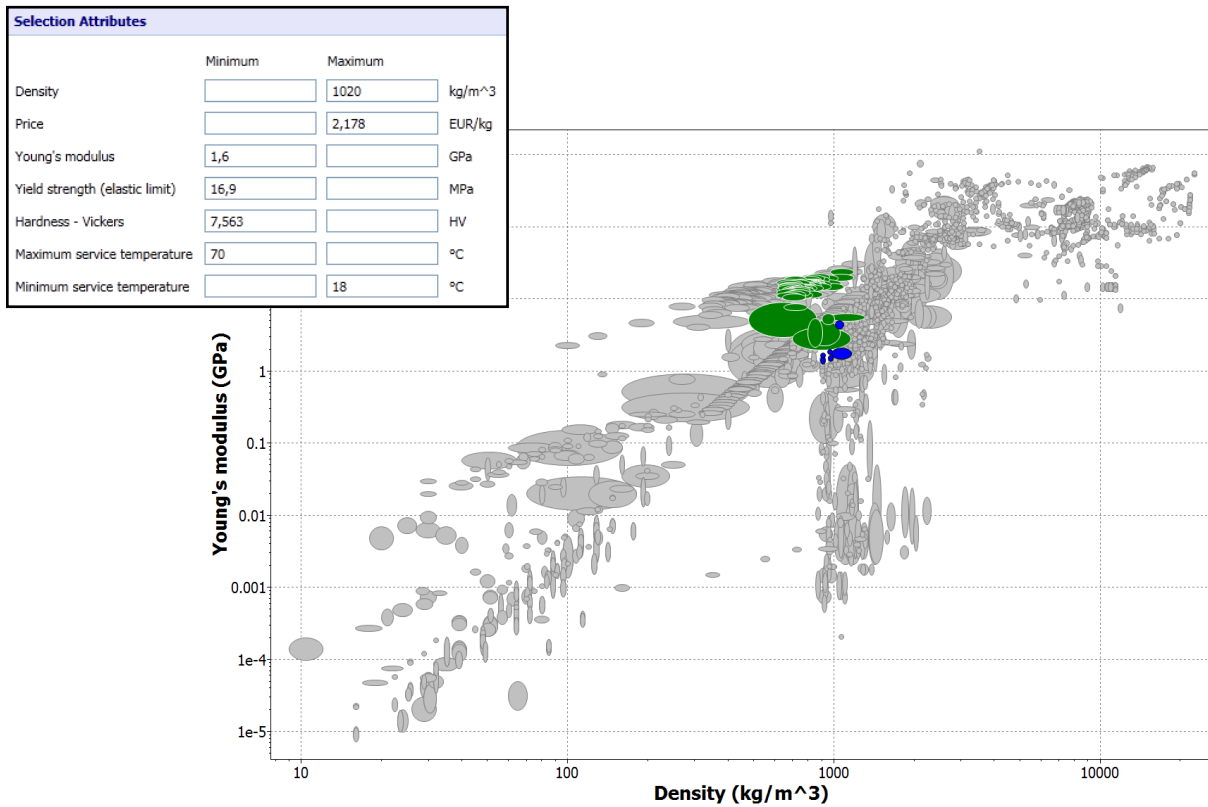


Figura 5.74: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

Ya solo quedan 77 materiales posibles de los cuales 71 son maderas y 6 son polímeros (figura 5.74). Por las mismas razones especificadas en anteriores piezas se descartan las maderas (figura 5.75).

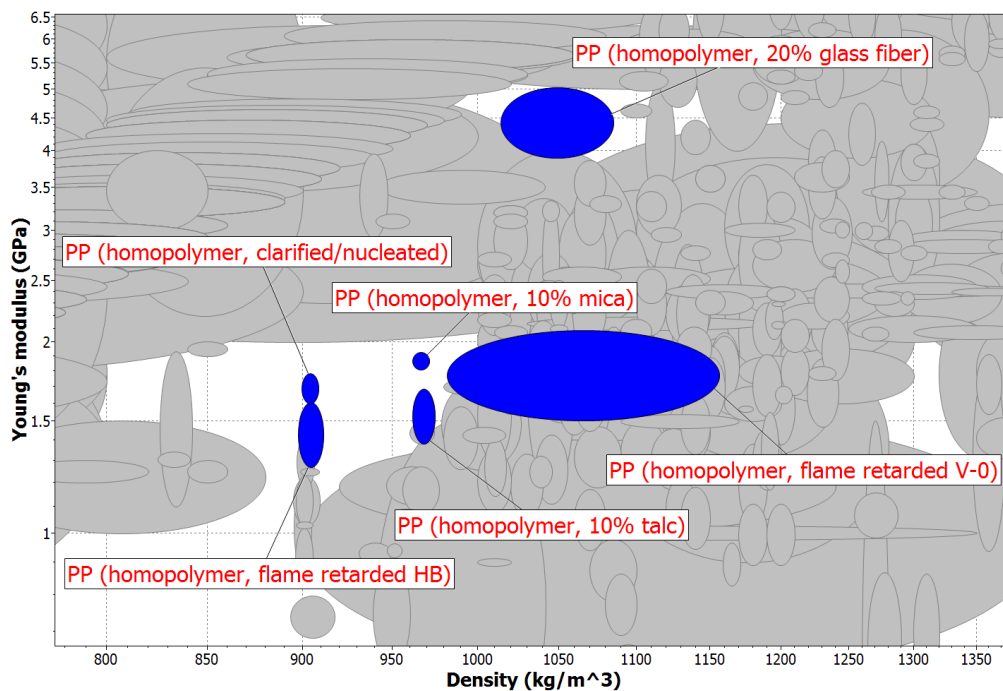


Figura 5.75: Materiales candidatos

Se realiza en la tabla 5.9 una comparativa con los candidatos a material propuesto.

	Densidad [kg·m ⁻³]	Precio [€/kg]	M.Young [MPa]	L. Elást. [MPa]	Dureza [HV]
PP (homopolymer, flame retarded V-O)	1071	2,1	1790	27,6	8,205
PP (homopolymer, 20% glass fiber)	1045	2,37	4460	52,35	15,55
PP (homopolymer, 10% talc)	967,5	2,2	1530	33,25	9,955
PP (homopolymer, 10% mica)	966,5	2,2	1865	35	10,5
PP (homopolymer, flame retarded HB)	904,5	2,1	1435	36,05	10,85
PP (homopolymer, clarified/ nucleated)	904,5	1,76	1690	36,7	11

Tabla 5.9: Comparativa de materiales candidatos.

El material propuesto será el “**PP (homopolymer, clarified/nucleated)**” ya que tiene el valor mínimo en densidad y precio, que son los factores más relevantes. También mejora el resto de propiedades tenidas en cuenta en la tabla comparativa.

5.2 Hoja de control

En la hoja de control se especifican 4 puntos situados fuera del medallón que también son susceptibles de tener una baja rigidez. Como se observa en la figura 5.76 hay 1 punto en la cintura y 3 en el cuerpo-panel. Se procede a verificar a continuación que el material anteriormente seleccionado para ambas piezas supera el correspondiente ensayo.

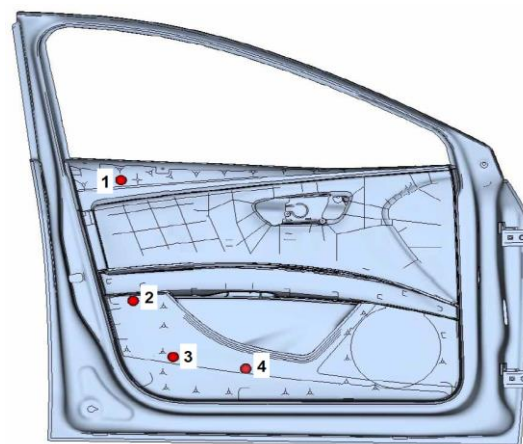


Figura 5.76: Puntos de baja rigidez en el panel-puerta

Las condiciones del ensayo son idénticas a las aplicadas en el medallón.

5.2.1 Cintura

Se simula la pieza de “PP (homopolymer, 20% glass fiber)” para ver si cumple con los requerimientos.

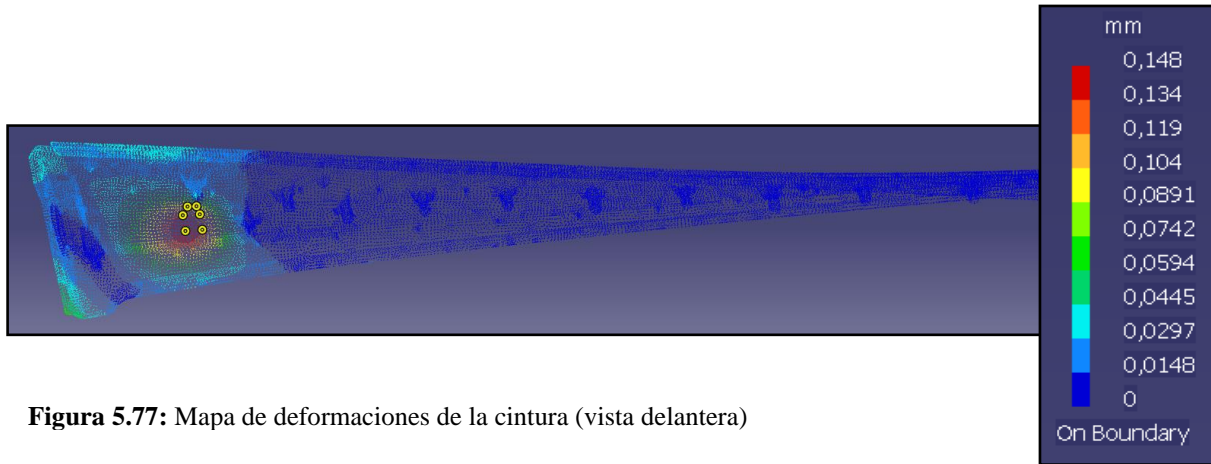


Figura 5.77: Mapa de deformaciones de la cintura (vista delantera)

Gracias al aumento de la rigidez en relación al material anterior al propuesto se supera con mucha solvencia las exigencias del ensayo (figura 5.77).

5.2.2 Cuerpo-panel

Se simula la pieza cuerpo-panel fabricada con “Styrene-Butadiene block copolymer” para ver si cumple con los requerimientos (figura 5.78).

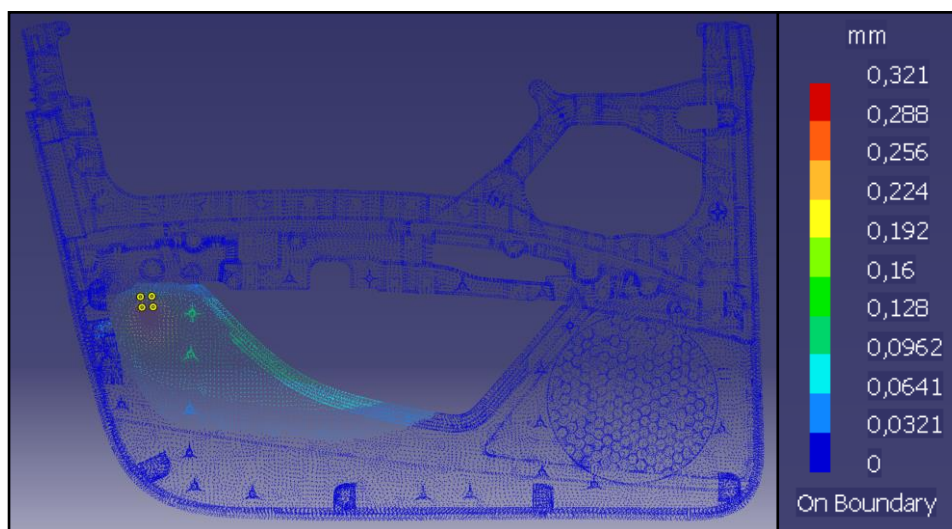


Figura 5.78: Mapa de deformaciones del panel-puerta (vista trasera).

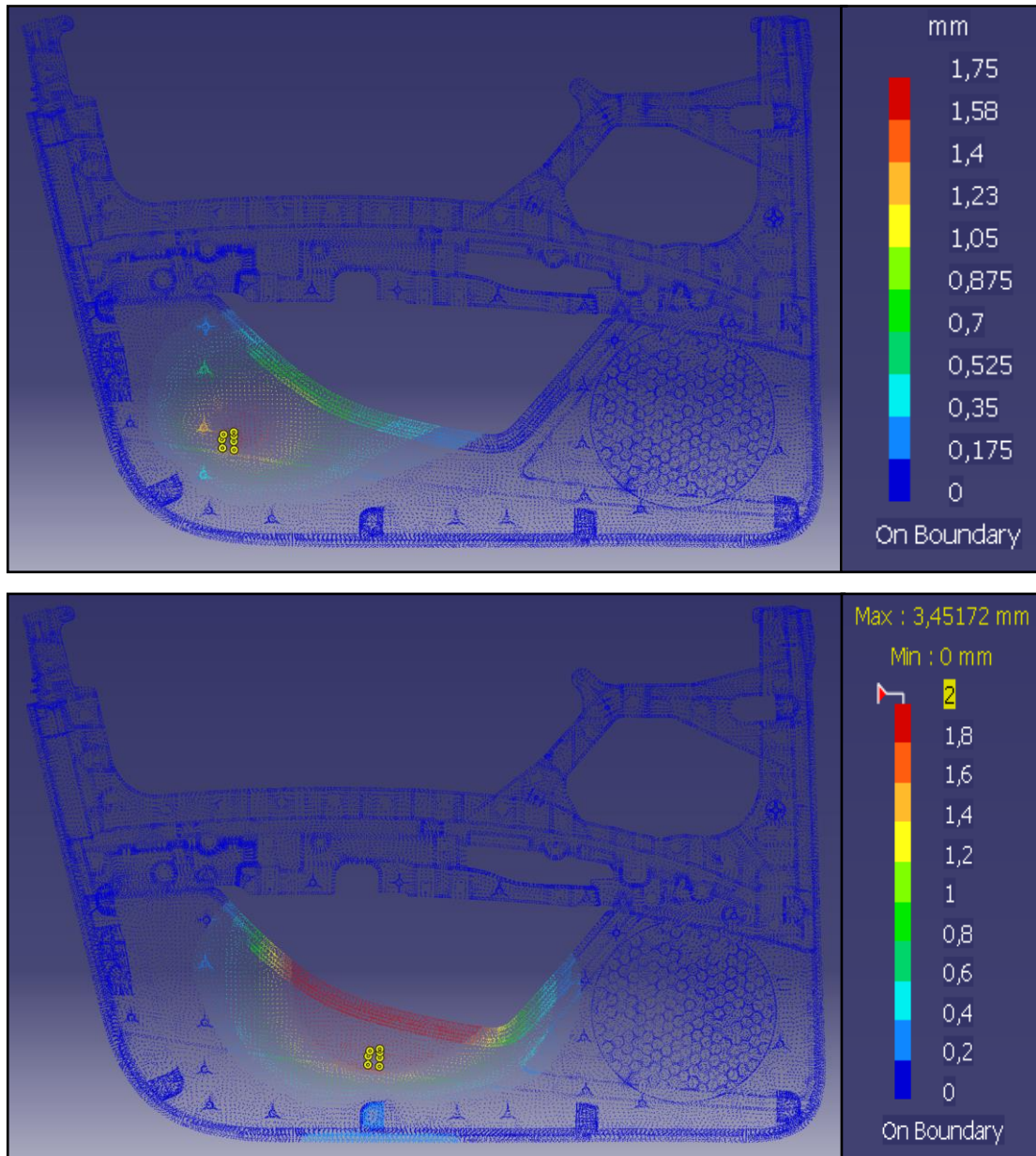


Figura 5.78: Mapa de deformaciones del panel-puerta (vista trasera).

Los resultados de los ensayos en los puntos 2 y 3 cumplen con los requerimientos, en el caso del punto 4 supera con creces el límite de 2 mm de deformación.

Antes de nada se ha de especificar que la desviación máxima de 3,45 mm corresponde a la zona de “voladizo”, en la línea-bolsa del cuerpo panel. Aún cuando la restricción de deformación máxima corresponde a la zona de aplicación de la carga no se cumple con el requerimiento.

Después de consultar al departamento de experimentación se averigua que en la zona bolsa se permite una deformación mayor a 2 mm a causa de la existencia de un voladizo. Además esta zona esta cubierta en la parte de atrás por el fondo-bolsa que si que cumple con la rigidez especificada y es por eso que no se ve comprometida la seguridad del ocupante. Por otra parte se exige que no se produzcan deformaciones permanentes en la pieza.

Es por ello que se analizan las tensiones soportadas por la pieza.

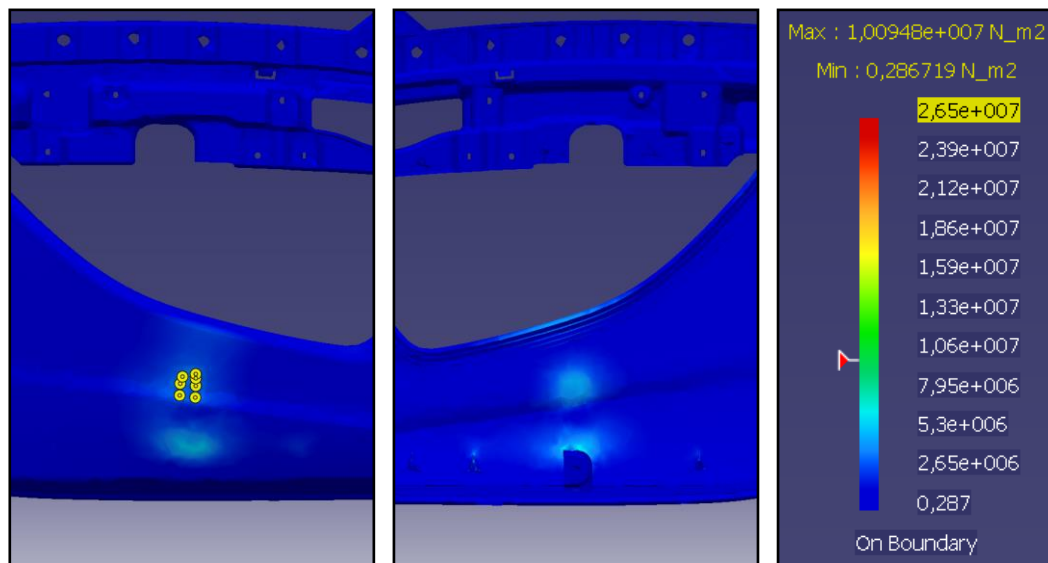


Figura 5.79: Detalle del mapa de tensiones de Von Misses (vista delantera / vista trasera).

Se colorean las tensiones en el panel situando el rojo con el límite elástico del material observándose así que ni se aproxima las tensiones a su límite de deformación elástica.

En la figura 5.79 se obtienen unas tensiones máximas en la pieza muy inferiores al límite elástico del material ($10,09 \text{ MPa} \ll 26,5 \text{ MPa}$).

5.3 Casos Particulares

A continuación se estudian las piezas que no tienen explícitamente ningún requerimiento exigido o que tienen una función especial que desarrollar. Es por ello

que se estudiara cada pieza por separado y teniendo en cuenta requisitos diferentes a la hora de proponer un material.

5.3.1 “Padding”

El “padding” es una pieza de seguridad pasiva. Su principal función es desplazar lateralmente el asiento o directamente al ocupante en caso de choque lateral con un doble objetivo: el primero es alejar al ocupante del panel puerta y evitar así cualquier intrusión en el cuerpo del ocupante de los elementos de la puerta; y la segunda es mantener la columna vertebral del ocupante lo más recta posible en todo momento, evitando así lesiones en la misma.

En el caso de la pieza “padding” no existen pruebas específicas que haya de superar como pieza individual sino que, más bien, ha de contribuir a cumplir unos valores determinados de fuerzas recibidas por el ocupante (“dummy” en los ensayos) en las pruebas de crash.

Se muestra un ensayo de colisión lateral en sección para poder ver el comportamiento del “padding” (figuras 5.80 a 5.82). El coche se desplaza lateralmente a una velocidad de 29 km/h contra un poste rígido e inmóvil.

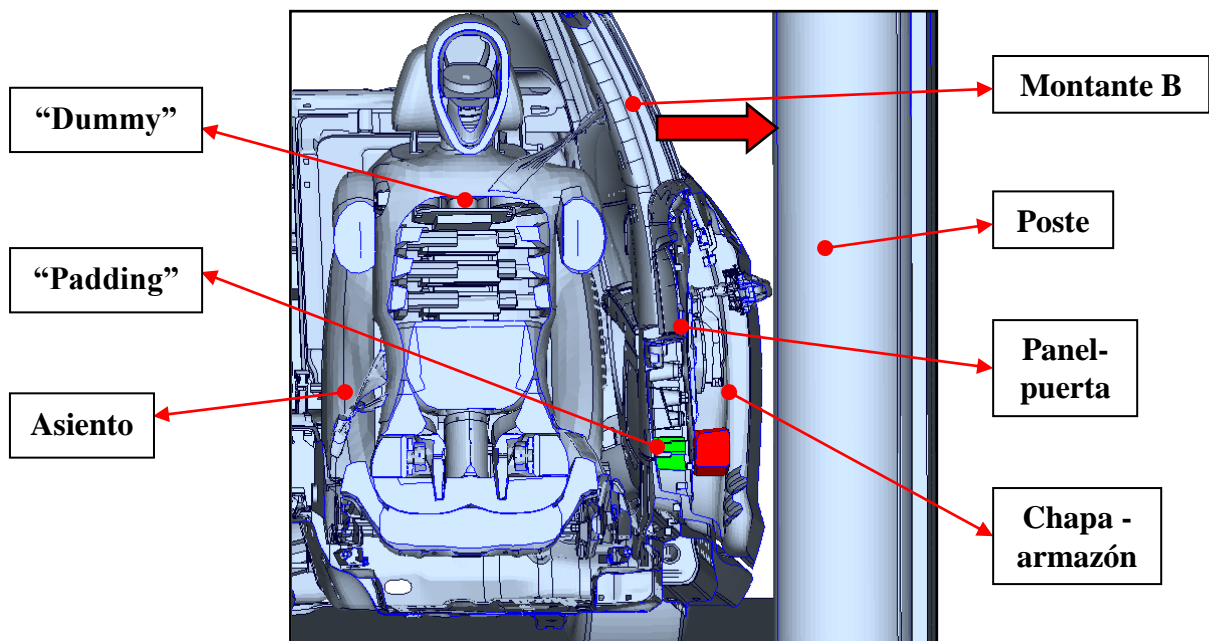


Figura 5.80: Sección del vehículo un instante antes del choque lateral contra una columna T = 0ms

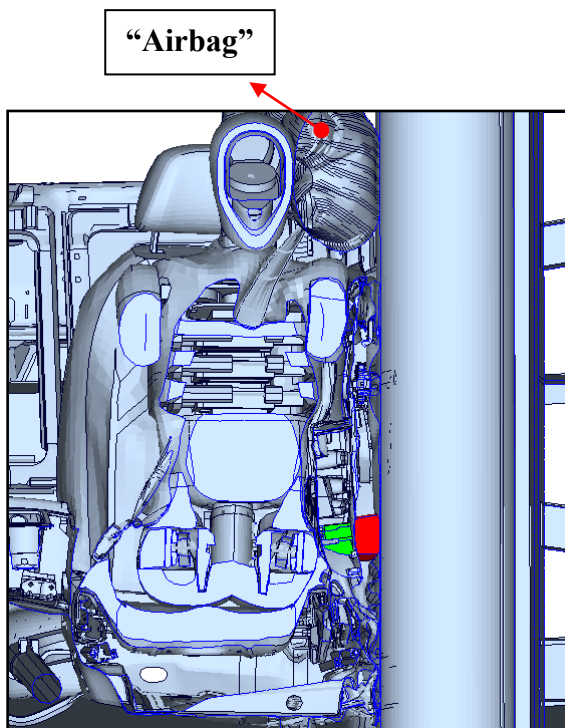


Figura 5.81: Simulación a los 40ms

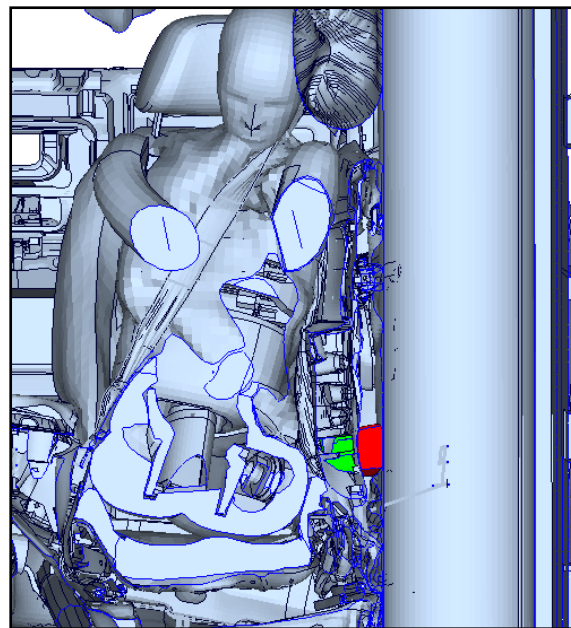


Figura 5.82: Simulación a los 80ms

El momento de máximo desplazamiento y fuerza soportada por el “dummy” es aproximadamente a los 80 ms (figura 5.82).

La pieza pintada en rojo está situada en la chapa a la altura del “padding”. Está formada de un material más flexible en orden a absorber energía del choque con su deformación a la vez que empuja al “padding” para que éste pueda cumplir su función.

Según la simulación se observa que no se produce intrusión alguna de ningún elemento en el cuerpo del conductor. El elemento que más sobresale del panel es el reposabrazos y se evita gracias a la acción del “padding”. Por otra parte se observa una cierta uniformidad en el desplazamiento del “dummy” manteniendo así la rectitud de la columna vertebral [Román Marín, Joaquín; Acabados y protección ocupantes; Enero-2013].

Se procede a una búsqueda de un material con características mecánicas similares pero con un precio y densidad menor.

Se mantiene la rigidez de la pieza (Módulo de Young = 1735 MPa) por dos motivos:

1. No se aumenta la rigidez porque se podría ejercer demasiada fuerza sobre el ocupante ocasionándole daños. Otra razón es conseguir que no se supere el valor de fuerza de 3 kN en la zona de la cadera para obtener la puntuación de 5 estrellas EuroNCAP.
2. Por otra parte no se disminuye la rigidez lo suficiente como para que deje de ser efectivo. Si esto sucediera se deformaría antes de haber desplazado al ocupante o al asiento lo que está previsto.

Se exige como mínimo un límite elástico igual al que tiene el “PP T16” (20 MPa) actual con el objetivo de que resista como está calculado.

También se busca una tenacidad similar o superior para que no rompa la pieza a causa del golpe seco recibido en caso de colisión lateral. Utilizamos el valor del ensayo de Charpy sin entalla. Ha de ser igual o superior a **126,8 kJ·m⁻²**.

Se realiza la búsqueda de materiales candidatos en la figura 5.83.

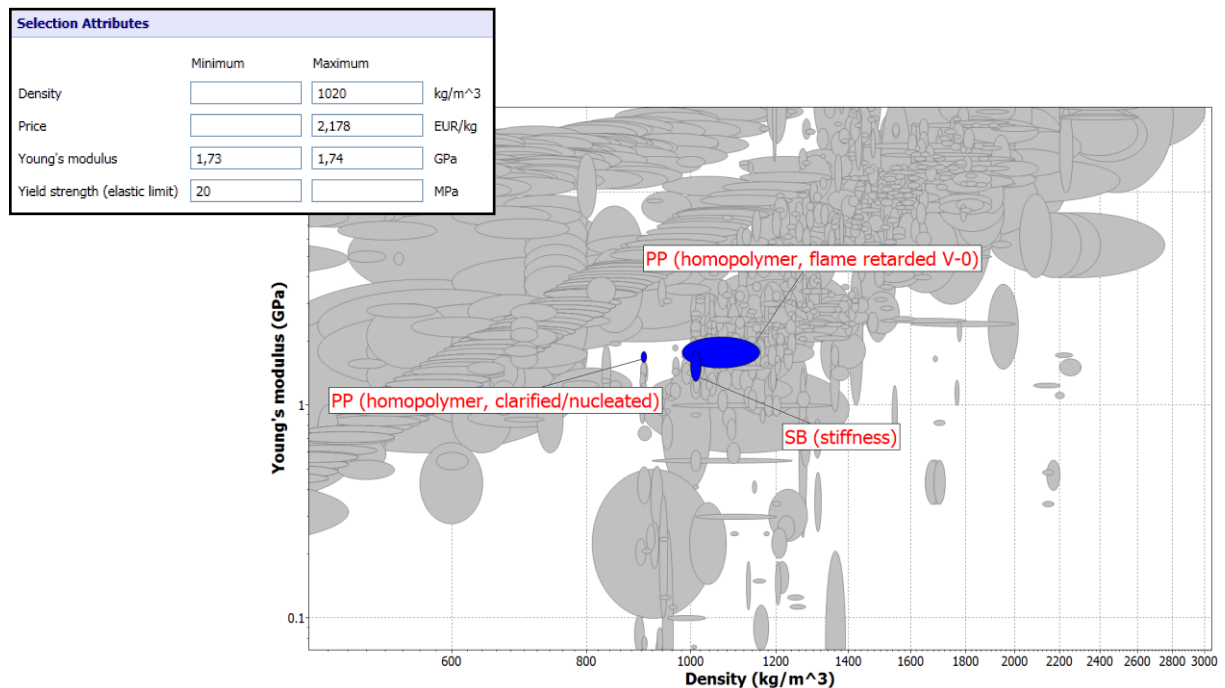


Figura 5.83: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

Se elabora en la tabla 5.10 una comparativa con los tres principales candidatos.

	Densidad [g/ cm ³]	Precio [€/kg]	Mód. Young [MPa]	Lím. Elástico [MPa]	Resiliencia [kJ/ m ²]
PP (homopolymer, flame retarded V-O)	1071	2,1	1790	27,6	29,25
PP (homopolymer, clarified/nucleated)	904,5	1,76	1690	36,7	134,15
SB (stiffness)	1010	2,205	1550	26,5	595

Tabla 5.10: Comparativa de materiales candidatos

Se perfila como mejor candidato el **PP (homopolymer, clarified/nucleated)** ya que cumple en casi todos los requisitos. Se rebajan los valores de precio y densidad. Se mejora claramente el comportamiento frente a un impacto. El módulo de Young es un 6,98% mayor que el del material actual, pero la variación de comportamiento del padding a causa de esta variación de rigidez se considera negligible.

5.3.2 Fondo-Bolsa

La pieza fondo-bolsa no ha de superar ninguna prueba específica ya que no se trata de una pieza que sufra grandes y constantes esfuerzos. Únicamente se ha de asegurar que resista la tensión producida por el cuerpo-panel cuando a éste se le aplica el segundo ensayo. El departamento de experimentación aconseja vigilar especialmente las zonas de unión entre fondo-bolsa y cuerpo panel (torretas). Para ello se realizará una simulación (figura 5.84).

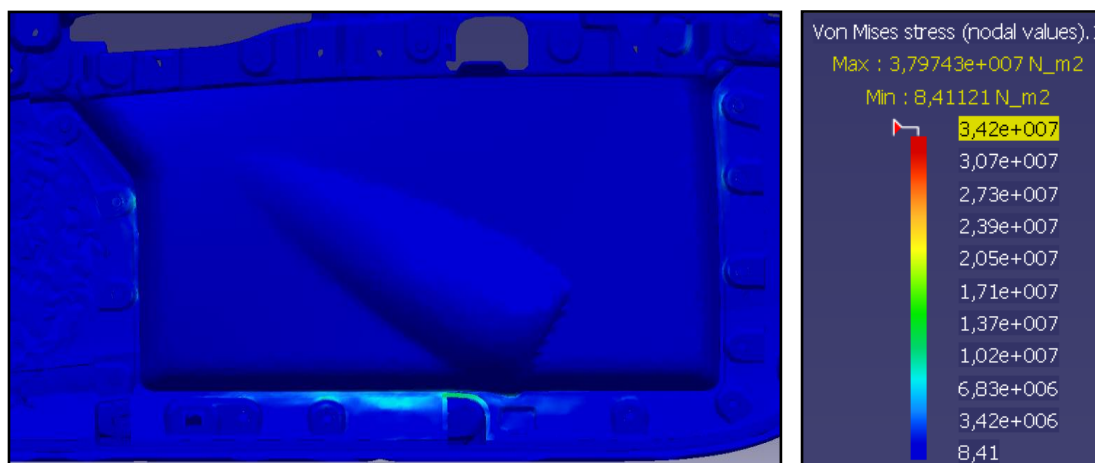


Figura 5.84: Mapa de tensiones de Von Misses del fondo-bolsa (vista trasera)

Confirmando los datos aportados por el departamento de experimentación se observa que las zonas que más sufren son las bases donde van soldadas las torretas de soldadura del cuerpo-panel. Se fija como máximo en la escala de tensiones el límite elástico del material del fondo-bolsa. Como muestra el gráfico las tensiones que sufre el material están muy lejos de la deformación plástica, rondando los 10 MPa.

La escala muestra como máximo 37,97 MPa. Este valor se corresponde a otra pieza del conjunto que se ha usado para hacer la simulación.

Se exigen las siguientes características al material que ha de conformar la pieza:

- Una densidad menor de **903 kg·m⁻³** para rebajar el peso de la pieza
- Un precio inferior a los **1,6 €/kg**.
- Una dureza superior a **10,24 HV** para evitar el rallado de la pieza al colocar objetos en la bolsa del panel.

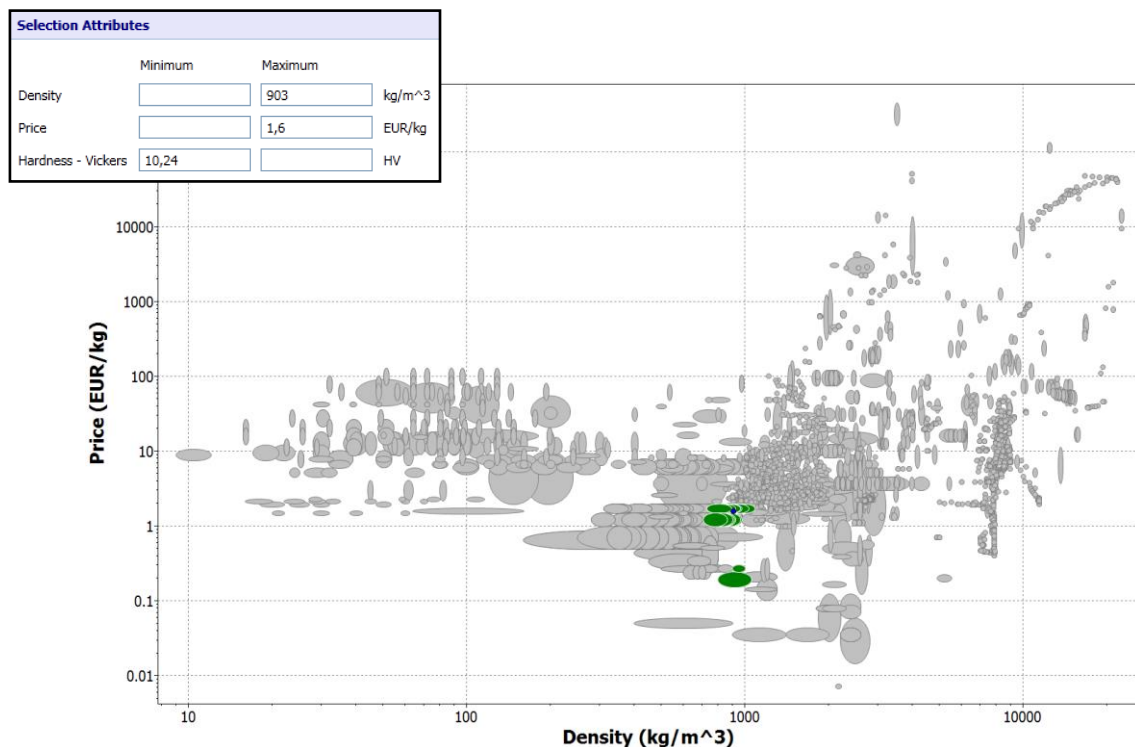


Figura 5.85: Materiales (en color) que cumplen requisitos mecánicos

Incluso sin aplicar restricciones de límite elástico ni módulo de Young se obtienen únicamente 32 materiales posibles de los cuales 30 son maderas (figura 5.85), las cuales se descartan por los mismos motivos explicados en la pieza cintura.

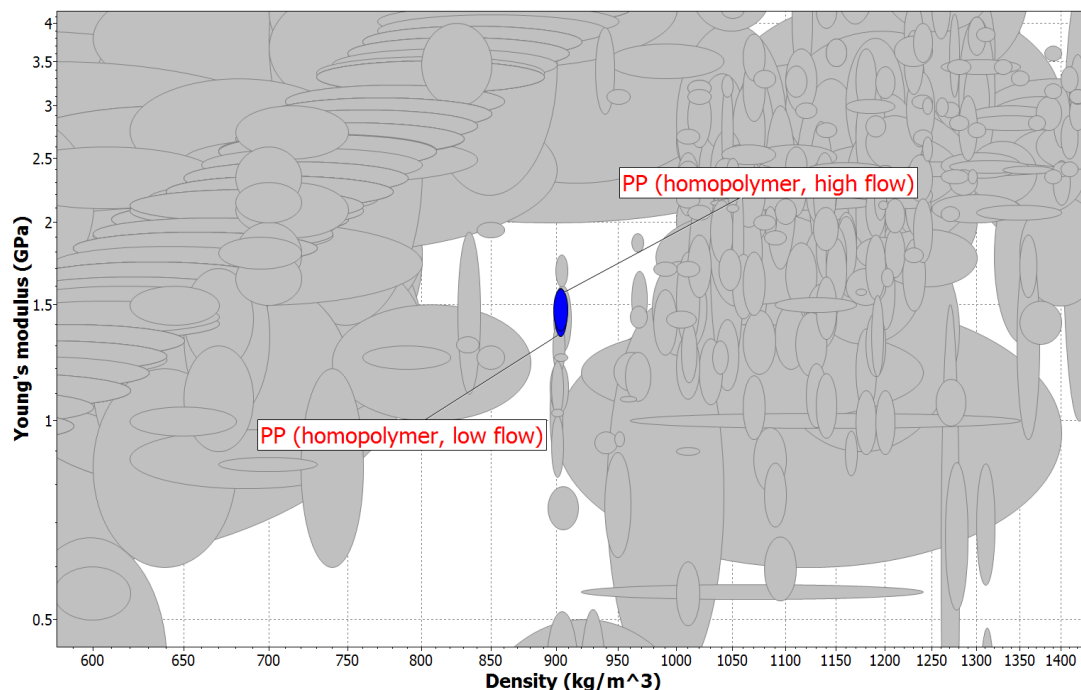


Figura 5.86: Materiales candidatos.

Se obtienen dos materiales posibles: el material actual y un candidato (figura 5.86). Se realiza en la tabla 5.11 una comparativa con los principales aspectos a tener en cuenta.

	Densidad [g/ cm ³]	Precio [€/kg]	Mód. Young [MPa]	Lím. Elástico [MPa]	Dureza [HV]
PP (homopolymer, high flow)	903	1,6	1475	34,15	10,24
PP (homopolymer, low flow)	903,5	1,6	1465	34,65	10,35

Tabla 5.11: Comparativa de materiales candidatos

Los dos materiales tienen propiedades muy parecidas. El material candidato supera ligeramente las propiedades de dureza y límite elástico, mientras que empeora levemente la densidad y módulo de Young. Dándole preferencia a la densidad y precio sobre el resto unido a la dificultad que comportaría un cambio de material se

mantiene la fabricación de la pieza fondo-bolsa con **PP (homopolymer, high flow)**.

5.3.3 Distancial altavoz

El altavoz va unido al armazón. Desde el altavoz hasta el panel puerta existe un espacio de varios centímetros. El distancial altavoz tiene la única función de guiar el sonido durante esa corta distancia hacia el interior del vehículo logrando la estanqueidad desde el altavoz hasta la rejilla del altavoz (figura 8.87).

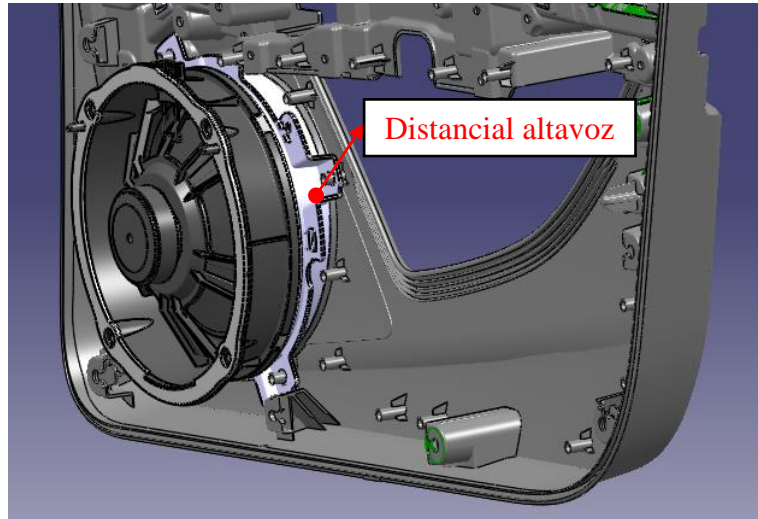


Figura 5.87: Distancial altavoz.

Dado que no ha de resistir ningún esfuerzo especialmente intenso unido a que es una pieza no vista por el cliente existe una gran libertad de elección de material. Es por ello que se fabricará del mismo material del cuerpo-panel “**SB stiffness**”, pieza a la que va unida, para facilitar por un lado la separación de los materiales en el final de la vida de la pieza y por otro lado para reducir el abanico de materiales utilizados en la puerta. Esta disminución de materiales obtendrá reducción del precio de la materia prima a causa de la economía de escala.

5.3.4 Listón lamelunas

Se trata de la pieza que, unida mediante soldaduras a la cintura, sujetará la pieza lamelunas (figura 5.88). El listón como tal no tiene ninguna prueba específica que deba superar pero colabora con la cintura para superar su prueba.

En la selección de material de la cintura las tensiones soportadas por la pieza teniendo en cuenta el lamelunas o sin tenerlo en cuenta no varían mucho, es por ello

que se considera que el listón no ha de soportar grandes esfuerzos. Esto unido a que se trata de una pieza no vista por el cliente no tiene ningún requerimiento de calidad superficial.

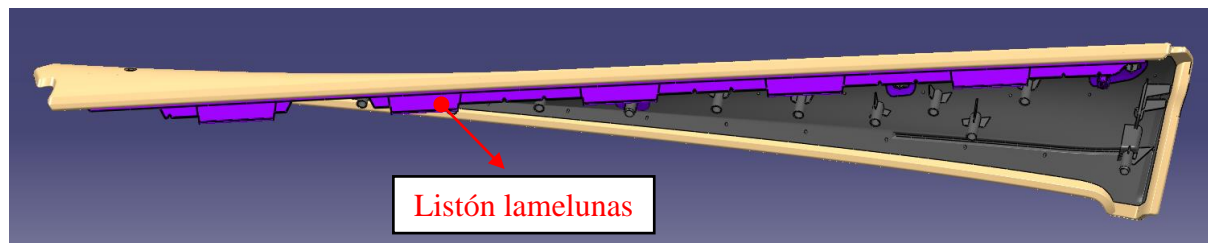


Figura 5.88: Listón lamelunas.

Atendiendo a las mismas razones que el distancial altavoz se asigna al listón lamelunas el mismo material que la pieza a la que va unido, que es la cintura.

En el caso de la puerta anterior material del listón lamelunas será **“PP (homopolymer, 20% glass fiber)”**, mientras que en la puerta posterior será **“PP (homopolymer, clarified/nucleated)”**.

5.3.5 Tapa fijación

Es una pieza que cumple únicamente una función estética ya que sirve para ocultar la zona de unión atornillada entre el conjunto apoyabrazos-asidero y el armazón de la puerta (figura 5.89). Se trata de una pieza vista por el cliente, es por ello un requerimiento el hecho que sea fabricada del mismo material que el asidero en orden a evitar un contraste de apariencia superficial.

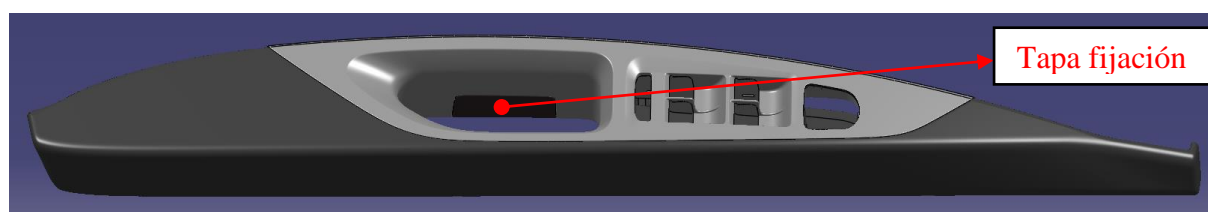


Figura 5.89: Tapa fijación.

Teniendo en cuenta lo anteriormente explicado unido a las razones expuestas en el caso de distancial altavoz y listón lamelunas se opta por fabricar la tapa fijación, tanto de la puerta anterior como de la posterior, con **“PS (heat resistant)”**.

5.3.6 Tapa tweeter

Se trata de una pieza en forma de disco que una vez soldada a la carcasa manecilla a la altura de la rejilla del tweeter impide la entrada o salida de polvo del habitáculo (figura 5.90).

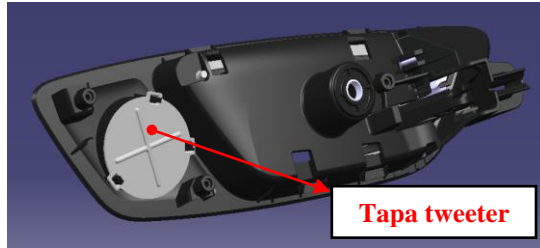


Figura 5.90: Tapa tweeter.

Al tratarse de una pieza muy ligera (5 g) se ha considerado mantenerle el material actual por tres motivos. El primero sería para no aumentar la variedad de materiales utilizados en la puerta, teniendo en cuenta la economía de escala. El segundo sería para que la soldadura entre ambas piezas no sea solamente mecánica sino también química al tratarse de una soldadura entre dos piezas con el mismo material. El tercero es la reducción de tipos de materiales para facilitar el reciclaje.

Por tanto la tapa tweeter seguirá siendo de **ABS (injection molding, platable)**.

5.3.7 Triángulo interior posterior

Es una pieza embellecedora que cubre la zona de la puerta que no cubre el cristal entre la cintura y el marco de la puerta (figura 5.91).

Se trata de una pieza que no ha de soportar específicamente ningún esfuerzo sino que su única función es estética. Es por ello que se realizará una tabla comparativa con los materiales propuestos teniendo en cuenta únicamente la densidad y el precio.



Figura 5.91: Triángulo.

	Densidad [g·cm ⁻³]	Precio [€/kg]
SB (stiffness)	1010	2,205
PP (homopolymer, 20% glass fiber)	1045	2,37
PP (homopolymer, clarified/nucleated)	904,5	1,76
PS (heat resistant)	1045	1,595
PP (homopolymer, high flow)	903	1,6
SAN (20% glass fiber)	1310	2,64
ABS/PC (injection molding and extrusion)	1110	3,49
ABS (injection molding, platable)	1055	2,34
ASA/PC (unfilled)	1110	3,605

Tabla 5.12: Comparativa de materiales candidatos

Se da el caso que el material con menor densidad posee un precio prácticamente igual al menor de la tabla 5.12. Es por ello que se selecciona el **PP (homopolymer, high flow)** como material propuesto para el triángulo interior posterior.

5.4 Tabla resumen de materiales y propiedades

	Material Actual	Material Propuesta	Δ peso	Δ precio	ΔE	$\Delta \sigma_f$	$\Delta \lambda$	Δ Dureza	Δ Resiliencia
Cuerpo-panel	PP (copolymer, 16% talc)	SB (stiffness)	-0,94 %	0,29 %	-1,40 %	4,66 %	5,64 %	5,12 %	369,24 %
Cintura (folio)	PVC foam (semi-rigid, closed cell, 0,500)	PVC foam (semi-rigid, closed cell, 0,500)							
Cintura anterior (substrato)	ABS (medium-impact, injection molding)	PP (homopolymer, 20% glass fiber)	0 %	1,28 %	84,68 %	24,49 %	-55,33 %	22,92 %	-78,31 %
Medallón	PP (copolymer, 16% talc)	PP (homopolymer, clarified/nucleated)	-11,29 %	-28,31 %	7,51 %	44,94 %	-49,89 %	45,44 %	5,80 %
Apoyabrazos (substrato)	ABS (injection molding, platable)	PS (heat resistant)	-0,95 %	-32,48 %	33,33 %	14,32 %	52,78 %	8,63 %	-91,92 %
Apoyabrazos (folio)	PVC foam (semi-rigid, closed cell, 0,500)	PVC foam (semi-rigid, closed cell, 0,500)							
Apoyabrazos (relleno)	Polyurethane foam (flexible, closed cell, 0,16)	Polyurethane foam (flexible, closed cell, 0,16)							
Fondo-bolsa	PP (homopolymer, high flow)	PP (homopolymer, high flow)							
Asidero	ABS (injection molding, platable)	PS (heat resistant)	-0,95 %	-32,48 %	33,33 %	14,32 %	52,78 %	8,63 %	-91,92 %
Manecilla	PA (type 6, 30-35% glass fiber)	SAN (20% glass fiber)	-2,96 %	-22,84 %	67,25 %	-7,60 %	-32,52 %	-7,60 %	-83,30 %
Marco manecilla	ABS/PC (injection molding and extrusion)	ABS/PC (injection molding and extrusion)							
Tapa manecilla	ABS (injection molding, platable)	ABS (injection molding, platable)							
Carcasa manecilla	ABS (injection molding, platable)	ABS (injection molding, platable)							
Piezas restantes manecilla									
Listón lamelunas	ABS (medium-impact, injection molding)	PP (homopolymer, 20% glass fiber). OK	0 %	1,28 %	84,68 %	24,49 %	-55,33 %	22,92 %	-78,31 %
Padding	PP (copolymer, 16% talc)	PP (homopolymer, clarified/nucleated)	-11,29 %	-28,31 %	7,51 %	44,94 %	-49,89 %	45,44 %	5,80 %
Tapa altavoz	PE-LD foam (cross-linked, closed cell, 0,033)	PE-LD foam (cross-linked, closed cell, 0,033)							

	Material Actual	Material Propuesta	Δ peso	Δ precio	Δ E	Δ σ_f	Δ λ	Δ Dureza	Δ Resiliencia
Distancial altavoz	PP (copolymer, 16% talc)	SB (stiffness)	-0,94 %	0,29 %	-1,40 %	4,66 %	5,64 %	5,12 %	369,24 %
Tapa fijación	ABS (injection molding, plateable)	PS (heat resistant)	-0,95 %	-32,48 %	33,33 %	14,32 %	52,78 %	8,63 %	-91,92 %
Casquillo LED	ASA/PC (unfilled)	ASA/PC (unfilled)							
Cintura posterior	PP (copolymer, 16% talc)	PP (homopolymer, clarified/nucleated)	-11,26 %	-19,19 %	7,51 %	44,94 %	-49,89 %	45,44 %	5,80 %
(*) Triángulo posterior	PP (copolymer, 16% talc)	PP (homopolymer, high flow)	-11,11 %	-26,54 %	-6,17 %	34,87 %	25,51 %	35,40 %	3,15 %
(*) Tapa tweeter	ABS (injection molding, plateable)	ABS (injection molding, plateable)							
(*) Distancial alzacristales	PA6 (type 6, cast)	PA6 (type 6, cast)							
(*) Anillo alzacristales	POM (homopolymer)	POM (homopolymer)							
(*) Brazo alzacristales	PA (type 6, 30% long glass fiber)	PA (type 6, 30% long glass fiber)							
(*) Pomo alzacristales	POM (homopolymer)	POM (homopolymer)							
(*) Cubierta pomo alzacristales	PP (compolymer, UV stabilized)	PP (compolymer, UV stabilized)							

(*) Piezas exclusivas de la puerta posterior

Tabla 5.13: Compendio de cambio de material y propiedades de la totalidad de las piezas del panel-puerta

- No hay cambio de material.
- Se ha tenido en cuenta principalmente la facilidad de reciclaje (sin observar otras propiedades)
- Existen piezas con diferentes materiales (no se estudian por peso negligible).
- Propiedades no tenidas en cuenta.

5.5 Variación de peso en puerta anterior

$$Volumen^* = \frac{M(Actual)}{\rho(Actual)}$$

$$M (propuesta) = \rho (propuesta) \cdot Volumen^*$$

Nº	Piezas	Masa actual [kg]	Densidad actual [kg·m ⁻³]	Volumen [m ³]	Densidad propuesto [kg·m ⁻³]	Masa propuesto [kg]
1	Cuerpo-panel	1,225	1019,6	0,001201452	1010	1,2135
2	Cintura (folio)	0,156	500	0,000312	500	0,1560
3	Cintura (substrato)	0,251	1045	0,000240191	1045	0,2510
4	Medallón	0,747	1019,6	0,00073264	904,5	0,6627
5	Apoyabrazos (substrato)	0,265	1055	0,000251185	1045	0,2625
6	Apoyabrazos (folio)	0,14	500	0,00028	500	0,1400
7	Apoyabrazos (relleno)	0,025	160	0,00015625	160	0,0250
8	Fondo-bolsa	0,401	903	0,000444075	903	0,4010
9	Asidero	0,177	1055	0,000167773	1045	0,1753
10	Manecilla	0,0516	1350	3,82222E-05	1310	0,0501
11	Marco manecilla	0,02	1110	1,8018E-05	1110	0,0200
12	Tapa manecilla	0,012	1055	1,13744E-05	1055	0,0120
13	Carcasa manecilla	0,07035	1055	6,66825E-05	1055	0,0704
14	Piezas restantes manecilla	0,0301	*	*	*	0,0301
15	Listón lamelunas	0,072	1045	6,88995E-05	1045	0,0720
16	Padding	0,069	1019,6	6,76736E-05	904,5	0,0612
17	Tapa altavoz	0,009	33	0,000272727	33	0,0090
18	Distancial altavoz	0,055	1019,6	5,39427E-05	1010	0,0545
19	Tapa fijación	0,009	1055	8,53081E-06	1045	0,0089
20	Casquillo LED	0,0006	1110	5,40541E-07	1110	0,0006
	TOTAL	3,7856 kg		0,004392177 m ³		3,6756 kg

Puerta Anterior	Masa Actual	Masa Propuesta	Δ Masa	Δ Masa (%)
	3,7856 kg	3,6756 kg	-0,11 kg	-2,91 %

(*) Volumen = Volumen Actual = Volumen Propuesta, ya que no se varía la geometría de las piezas.

Tabla 5.1.4: Cálculo de la variación de peso del panel-puerta anterior propuesto con respecto al actual

5.6 Variación de coste en puerta anterior

Coste Actual = Precio Actual · Masa Actual

Coste Propuesta = Precio Propuesta · Masa Propuesta

Nº	Piezas	Precio Actual [€/kg]	Masa actual [kg]	Coste Actual [€]	Precio Propuesta [€/kg]	Masa Propuesta [kg]	Coste Propuesta [€]
1	Cuerpo-panel	2,178	1,225	2,6681	2,205	1,2135	2,6757
2	Cintura (folio)	3,77	0,156	0,5881	3,77	0,1560	0,5881
3	Cintura (substrato)	2,34	0,251	0,5873	2,37	0,2510	0,5949
4	Medallón	2,178	0,747	1,6270	1,76	0,6627	1,1663
5	Apoyabrazos (substrato)	2,34	0,265	0,6201	1,595	0,2625	0,4187
6	Apoyabrazos (folio)	3,77	0,14	0,5278	3,77	0,1400	0,5278
7	Apoyabrazos (relleno)	6,785	0,025	0,1696	6,785	0,0250	0,1696
8	Fondo-bolsa	1,6	0,401	0,6416	1,6	0,4010	0,6416
9	Asidero	2,34	0,177	0,4142	1,595	0,1753	0,2796
10	Manecilla	3,32	0,0516	0,1713	2,64	0,0501	0,1322
11	Marco manecilla	3,49	0,02	0,0698	3,49	0,0200	0,0698
12	Tapa manecilla	2,34	0,012	0,0281	2,34	0,0120	0,0281
13	Carcasa manecilla	2,34	0,07035	0,1646	2,34	0,0704	0,1646
14	Piezas restantes manecilla		0,0301			0,0301	
15	Listón lamelunas	2,34	0,072	0,1685	2,37	0,0720	0,1706
16	Padding	2,178	0,069	0,1503	1,76	0,0612	0,1077
17	Tapa altavoz	2,185	0,009	0,0197	2,185	0,0090	0,0197
18	Distancial altavoz	2,178	0,055	0,1198	2,205	0,0545	0,1201
19	Tapa fijación	2,34	0,009	0,0211	1,595	0,0089	0,0142
20	Casquillo LED	3,605	0,0006	0,0022	3,605	0,0006	0,0022
	TOTAL		3,7856 kg	8,7590 €		3,6756 kg	7,8916 €

	Coste Actual	Coste Propuesto	Δ Coste	Δ Coste (%)
Puerta Anterior	8,7590 €	7,8916 €	-0,8674 €	-9,9 %

Tabla 5.15: Cálculo de la variación de coste del panel-puerta anterior propuesto con respecto al actual

5.7 Variación de peso en puerta posterior

$$Volumen^* = \frac{M(Actual)}{\rho(Actual)}$$

$$M(propuesta) = \rho(propuesta) \cdot Volumen^*$$



Nº	Piezas	Masa actual [kg]	Densidad actual [kg·m ⁻³]	Volumen [m ³]	Densidad propuesto [kg·m ⁻³]	Masa propuesto [kg]
1	Cuerpo-panel	0,932	1019,6	0,000914084	1010,0	0,923
2	Cintura (substrato)	0,382	1019,6	0,000374657	904,5	0,339
3	Medallón	0,513	1019,6	0,000503138	904,5	0,455
4	Apoyabrazos (substrato)	0,265	1055	0,000251185	1045,0	0,262
5	Apoyabrazos (folio)	0,140	500	0,00028	500,0	0,140
6	Apoyabrazos (relleno)	0,025	160	0,00015625	160,0	0,025
7	Fondo-bolsa	0,294	903	0,000325581	903,0	0,294
8	Asidero	0,116	1055	0,000109953	1045,0	0,115
9	Manecilla	0,052	1350	3,82222E-05	1310,0	0,050
10	Marco manecilla	0,023	1110	2,02703E-05	1110,0	0,023
11	Tapa manecilla	0,012	1055	1,13744E-05	1055,0	0,012
12	Carcasa manecilla	0,084	1055	7,94313E-05	1055,0	0,084
13	Piezas restantes manecilla	0,034	*	*	*	0,034
14	Listón lamelunas	0,087	1019,6	8,53276E-05	904,5	0,077
15	Triángulo posterior	0,036	1019,6	3,5308E-05	903	0,032
16	Tapa altavoz	0,009	33	0,000272727	33,0	0,009
17	Tapa tweeter	0,005	1055	4,73934E-06	1055	0,005
18	Distancial altavoz	0,033	1019,6	3,23656E-05	1010,0	0,033
19	Tapa fijación	0,011	1055	1,04265E-05	1045,0	0,011
20	Conjunto alzacristales manual	0,047	*	*	*	0,047
	TOTAL	3,099		0,003542657		2,970

	Masa Actual	Masa Propuesta	Δ Masa	Δ Masa (%)
Puerta Posterior	3,099 kg	2,970 kg	-0,129 kg	-4,16 %

(*) Volumen = Volumen Actual = Volumen Propuesta, ya que no se varía la geometría de las piezas.

Tabla 5.16: Cálculo de la variación de peso del panel-puerta posterior propuesto con respecto al actual

5.8 Variación de coste en puerta posterior

Coste Actual = Precio Actual · Masa Actual

Coste Propuesta = Precio Propuesta · Masa Propuesta

Nº	Piezas	Precio Actual [€/kg]	Masa actual [kg]	Coste Actual [€]	Precio Propuesta [€/kg]	Masa Propuesta [kg]	Coste Propuesta [€]
1	Cuerpo-panel	2,178	0,932	2,03	2,205	0,923	2,04
2	Cintura (substrato)	2,178	0,382	0,83	1,76	0,339	0,60
3	Medallón	2,178	0,513	1,12	1,76	0,455	0,80
4	Apoyabrazos (substrato)	2,34	0,265	0,62	1,595	0,262	0,42
5	Apoyabrazos (folio)	3,77	0,140	0,53	3,77	0,140	0,53
6	Apoyabrazos (relleno)	6,785	0,025	0,17	6,785	0,025	0,17
7	Fondo-bolsa	1,6	0,294	0,47	1,6	0,294	0,47
8	Asidero	2,34	0,116	0,27	1,595	0,115	0,18
9	Manecilla	3,32	0,052	0,17	2,64	0,050	0,13
10	Marco manecilla	3,49	0,023	0,08	3,49	0,023	0,08
11	Tapa manecilla	2,34	0,012	0,03	2,34	0,012	0,03
12	Carcasa manecilla	2,34	0,084	0,20	2,34	0,084	0,20
13	Piezas restantes manecilla		0,034	0,00		0,034	0,00
14	Listón lamelunas	2,178	0,087	0,19	1,76	0,077	0,14
15	Triángulo posterior	2,178	0,036	0,08	1,6	0,032	0,05
16	Tapa altavoz	2,185	0,009	0,02	2,185	0,009	0,02
17	Tapa tweeter	2,34	0,005	0,01	2,34	0,005	0,01
18	Distancial altavoz	2,178	0,033	0,07	2,205	0,033	0,07
19	Tapa fijación	2,34	0,011	0,03	1,595	0,011	0,02
20	Conjunto alzacristales manual		0,047	0,00		0,047	0,00
	TOTAL		3,1	6,91		2,97	5,95

	Coste Actual	Coste Propuesto	Δ Coste	Δ Coste (%)
Puerta Posterior	6,91 €	5,95 €	-0,96 €	-13,89 %

Tabla 5.17: Cálculo de la variación de coste del panel-puerta posterior propuesto con respecto al actual

6. Análisis medioambiental

El primer paso a la hora de buscar una mejora o simplemente de realizar una comparativa entre el panel-puerta actual y el panel-puerta propuesto después del estudio de materiales llevado a cabo, es hacer un análisis del ciclo de vida del actual panel-puerta (figura 6.1).

Se ha utilizado para dicho estudio tanto el programa llamado EuPeco-profiler como la herramienta Eco-Audit del programa CES-Edupack cuya función y funcionamiento se adjunta en los anexos.

La existencia de EuPeco-profiler se debe a la aparición de una normativa que se aplica sobre los aparatos eléctricos y electrónicos. Durante su

diseño y desarrollo se debe incluir un ACV para su homologación. El desarrollo de este programa está basado en la MEEuP (Methodology Study Eco-design of Energy-using Products) y en las normas ISO de ACV (14040/44:2006).



Figura 6.1: Esquema del ciclo de vida de un producto.

Se entiende por ACV la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su Ciclo de Vida. Permite visualizar los principales aspectos ambientales del producto de manera gráfica identificando puntos de mejora, así como comparar diferentes alternativas de producto.

Cada uno de los dos programas aporta información sobre diferentes factores que se deben tener en cuenta referentes al impacto ambiental sufrido a causa de la fabricación, distribución, uso y final de vida de los paneles puerta. El programa CES-Edupack aportará información sobre la huella de CO₂ y el consumo energético mientras que el programa EuPeco-profiler aportará datos sobre producción de residuos peligrosos, acidificación, eutrofización y emisión de partículas.

Se ha dividido el ciclo de vida en 4 etapas que son: fabricación, distribución, uso y final de vida.

➤ ***Fabricación***

Se divide en dos partes diferenciadas, los materiales a procesar y el tipo de procesado. En la primera parte se han colocado todos los tipos de materiales que conforman el panel-puerta con sus pesos respectivos teniendo en cuenta una sola puerta. En la parte de procesado se ha especificado que todos los materiales se han fabricado por inyección en molde.

➤ ***Distribución***

En la distribución no se tiene en cuenta el embalaje porque el proveedor suministra a línea los paneles en unas estanterías listos para ser cogidos y montados en la puerta. Sí que es cierto que durante la fase de desarrollo del panel en I+D llegan embalados para salvaguardar la confidencialidad del diseño, pero se considera un número de puertas embaladas muy inferior en comparación con las que llegan a línea, así es que, no se tiene en cuenta el embalaje. Se tiene en cuenta el transporte mediante camión desde los puntos de suministro.

➤ ***Uso***

Dado que el panel puerta no presenta ningún consumo energético propiamente, en su etapa de uso se tiene en cuenta exclusivamente el peso extra que le añade al vehículo, con el aumento de consumo de combustible e incremento de contaminación correspondiente.

➤ ***Final de vida***

Por normativa, de la totalidad del vehículo un 95% en peso ha de ser con materiales potencialmente reciclables. En principio se tiende a pensar que en la puerta se han de conservar los mismos ratios pero no es así. La mayor parte del peso del vehículo corresponde a materiales metálicos (todos reciclables). Esto permite que se cumpla la

normativa, dando más flexibilidad en la selección de materiales de otras zonas del coche como pueden ser los paneles de puerta.

Se consideran como elementos reutilizables aquellos que son fácilmente adquiribles en desguaces como piezas de recambio. En el caso del panel puerta se han clasificado como elementos reutilizables los correspondientes al conjunto manecilla.

Mirando la *figura 2.21* se observa que el material más contaminante y difícil de reciclar es el PVC, así es que, se enviará directamente al vertedero. No se puede recuperar energía de este material mediante combustión ya que se producirían emisiones altamente contaminantes de dioxinas, metales pesados y ácido clorhídrico al ambiente.

Se inicia el análisis de ciclo de vida del panel actual y del propuesto.

1. EuP eco-profiler

Se procede a la evaluación del ciclo de vida del producto mediante el programa EuP eco-profiler. Para ello se ha dividido la vida útil de la pieza en tres etapas diferenciadas para poder visualizar en que porcentaje contribuye cada etapa al impacto medioambiental. Estas tres etapas son: fabricación, distribución y final de vida. Se ha obviado la etapa de “Uso” por considerar que el principal impacto medioambiental, que sería el consumo de combustible debido al peso de la pieza, no es posible de cuantificar en este programa.

En la tabla 6.1 se muestran todos los factores que se van a medir con tal de poder compararlos con el panel propuesta.

Caracterización	Indicadores	Resultados	Gráficos	
CATEGORÍA / SUBCATEGORÍA		VECTOR	LOCALIZACIÓN	UNIDAD
INDICADORES MEEuP				
<input type="checkbox"/>	Energía bruta	Energía	Europa	MJ primario
<input type="checkbox"/>	Agua proceso	Agua	Europa	litr. agua
<input type="checkbox"/>	Agua refrigeración	Agua	Europa	litr. agua
<input checked="" type="checkbox"/>	Residuos peligrosos	Residuo	Europa	g residuo
<input type="checkbox"/>	Residuos no peligrosos	Residuo	Europa	g residuo
<input type="checkbox"/>	Calentamiento global	Aire	Europa	kg CO2 eq.
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidificación	Aire	Europa	g SO2 eq.
<input type="checkbox"/>	Compuestos orgánicos volátiles	Aire	Europa	g NMVOCs
<input type="checkbox"/>	Compuestos orgánicos persistentes	Aire	Europa	ng I-TEQ
<input type="checkbox"/>	Metales pesados aire	Aire	Europa	mg Ni eq.
<input type="checkbox"/>	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Aire	Europa	mg Ni eq.
<input checked="" type="checkbox"/>	Partículas	Aire	Europa	g partículas
<input type="checkbox"/>	Metales pesados agua	Agua	Europa	mg Hg/20 eq.
<input checked="" type="checkbox"/>	Eutrofización	Agua	Europa	mg PO4 eq.
PARÁMETROS AUXILIARES MEEuP				
<input type="checkbox"/>	Electricidad	Energía	Europa	MJ primario
<input type="checkbox"/>	Poder calorífico neto	Energía	Europa	MJ primario

Tabla 6.1: Selección de los parámetros a visualizar

Se exponen los 4 factores más relevantes que se estudian con el Eup eco-profiler: residuos peligrosos, acidificación, eutrofización y emisión de partículas.

Residuos peligrosos: se trata de todos los residuos que requieren de un tratamiento específico al final de su vida útil, es decir, todos aquellos que son muy difíciles de reciclar por los métodos convencionales o que no pueden enviarse directamente al vertedero.

Acidificación: impacto causado por las emisiones atmosféricas de sustancias ácidas (SO₂, NO_x y NH_x), generalmente procedentes de la agricultura y de procesos de combustión, que en contacto con la humedad del aire se convierten en ácidos que se depositan en el suelo y el agua.

Eutrofización: enriquecimiento excesivo en macro nutrientes del medio y especialmente de las aguas por nitrógeno y fósforo. Este sobre-enriquecimiento del medio puede suponer un crecimiento desmesurado de biomasa (plantas, algas, etc.) y en el caso de las aguas, el crecimiento y descomposición de dicha biomasa puede suponer una drástica reducción de los niveles de oxígeno disponibles.

Partículas: gotitas de un sólido o líquido en la atmósfera ambiental pertenecientes a una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas (figura 6.2). El interés por las partículas atmosféricas se debe a dos causas: afecta el balance de radiación terrestre y poseen efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones bloqueándolos y evitando el paso del aire, ocasionando efectos dañinos.



Figura 6.2: Partículas de carbón

De todos los indicadores que se han seleccionado se muestra el resultado numérico. Se realiza también unas gráficas comparativas (figuras 6.3 y 6.4) entre el impacto ambiental de los paneles actuales con los paneles propuestos.

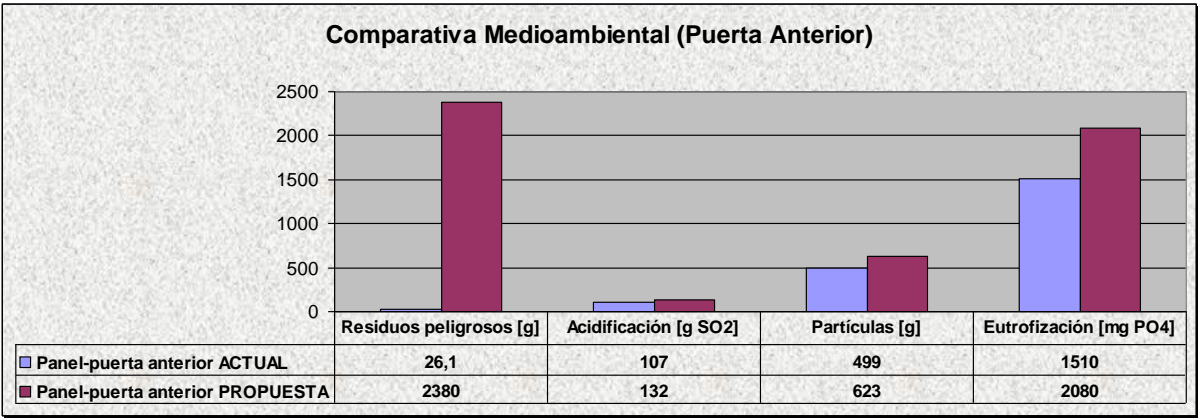


Figura 6.3: Comparativa medioambiental de puerta anterior propuesta respecto a la actual

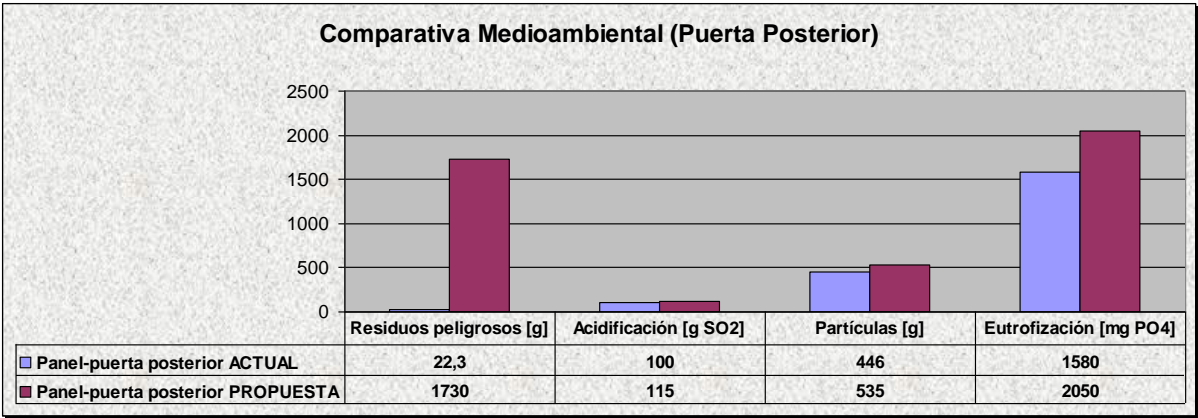


Figura 6.4: Comparativa medioambiental de puerta posterior propuesta respecto a la actual

Se observa el aumento del impacto ambiental en los 4 factores tenidos en cuenta pero llama especialmente la atención el aumento desproporcionado de la producción de residuos peligrosos en el ciclo de vida del panel-puerta propuesta.

Para averiguar este aumento en materia de residuos peligrosos se analiza de una manera más precisa en qué fase del ciclo de vida se observan mayores diferencias entre el panel-puerta actual y propuesto (figuras 6.5 y 6.6).

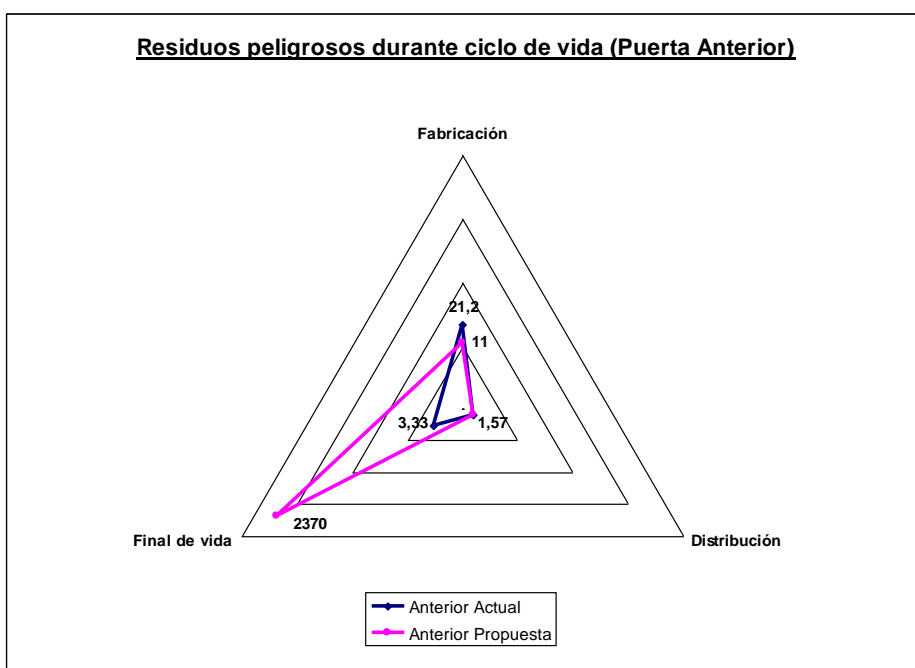


Figura 6.5: Comparativa de residuos peligrosos entre puerta anterior actual y propuesta.

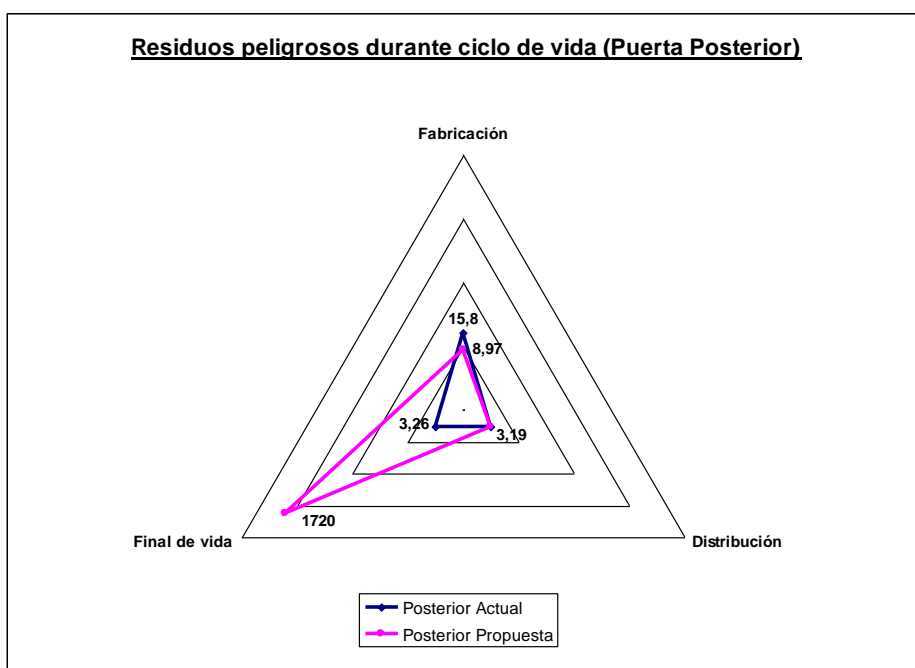


Figura 6.6: Comparativa de residuos peligrosos entre puerta posterior actual y propuesta.

En la fase de fabricación disminuyen los residuos peligrosos posiblemente a causa de la disminución de peso de las piezas y debido al cambio de materiales. Este factor medioambiental no varía en la fase distribución ya que depende básicamente del volumen de las piezas y éste no cambia. En la fase de final de vida se produce un aumento de más de 500 veces el valor actual en ambas puertas.

Para observar que apartado del “*final de vida*” afecta con más intensidad en la producción de residuos peligrosos en la tabla 6.2 se desglosa esta fase en reutilización, reciclado y combustión (recuperación energética).

	Reutilización	Reciclado	Energía (combustión)
Puerta anterior propuesta	-0,495 g	-0,398 g	2370 g
Puerta posterior propuesta	-0,567 g	-1,23 g	1720 g

Tabla 6.2: Desglose de la producción de residuos peligrosos para los distintos finales de vida

El programa calcula valores negativos en la producción de residuos peligrosos para las piezas que al final de su vida útil de reutilizarán o se reciclarán. Esto es una forma de cuantificar la producción de residuos peligrosos que se evitarán a causa de estas formas de reaprovechamiento del material.

Al fin se averigua dónde reside la gran diferencia de producción de residuos peligrosos entre el panel anterior y el posterior. Como muestra la tabla 6.2 la totalidad de la producción de estos residuos está en la combustión de las piezas al final de su vida útil para la producción de energía útil.

2. Eco Audit (CES Edupack 2012)

Se procede al análisis del ciclo de vida de los paneles-puerta en orden a evaluar el impacto producido en el calentamiento global (huella de CO₂) y la energía bruta que conlleva.

Calentamiento global: impacto de las emisiones atmosféricas antropogénicas en el equilibrio natural existente entre la cantidad de radiación solar incidente en la Tierra y la cantidad de radiación reflejada por la Tierra al calentarse. Los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera (p.ej. CO₂, metano, etc.) hacen que parte

de la radiación reflejada rebote de nuevo hacia la tierra, provocando un aumento artificial de la temperatura del planeta, fenómeno conocido como efecto invernadero.

Energía bruta: el consumo de energía propiamente no genera ningún impacto en el medioambiente, pero la producción de esa energía incide directamente. Se muestra en el anexo el desglose de producción de energía eléctrica en España durante el 2011.

A continuación se muestran los valores de consumo de energía bruta y emisión de CO₂ a lo largo del ciclo de vida tanto de las puertas anteriores actual y propuesta (figuras 6.7 y 6.8) como de las posteriores actual y propuesta (figuras 6.9 y 6.10).

❖ **Puerta Anterior Actual**

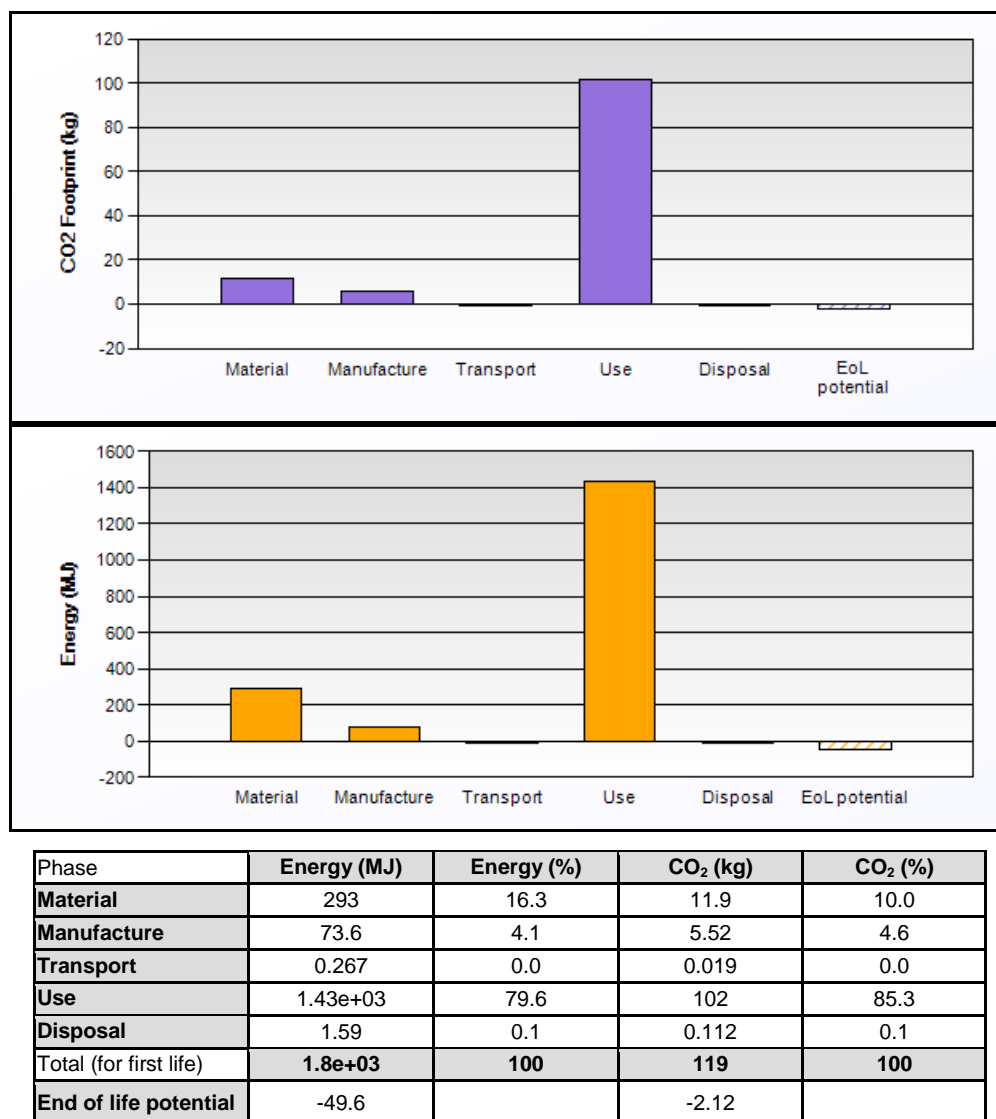


Figura 6.7: Huella de CO₂ y consumo de energía de la puerta anterior actual en su ciclo de vida.

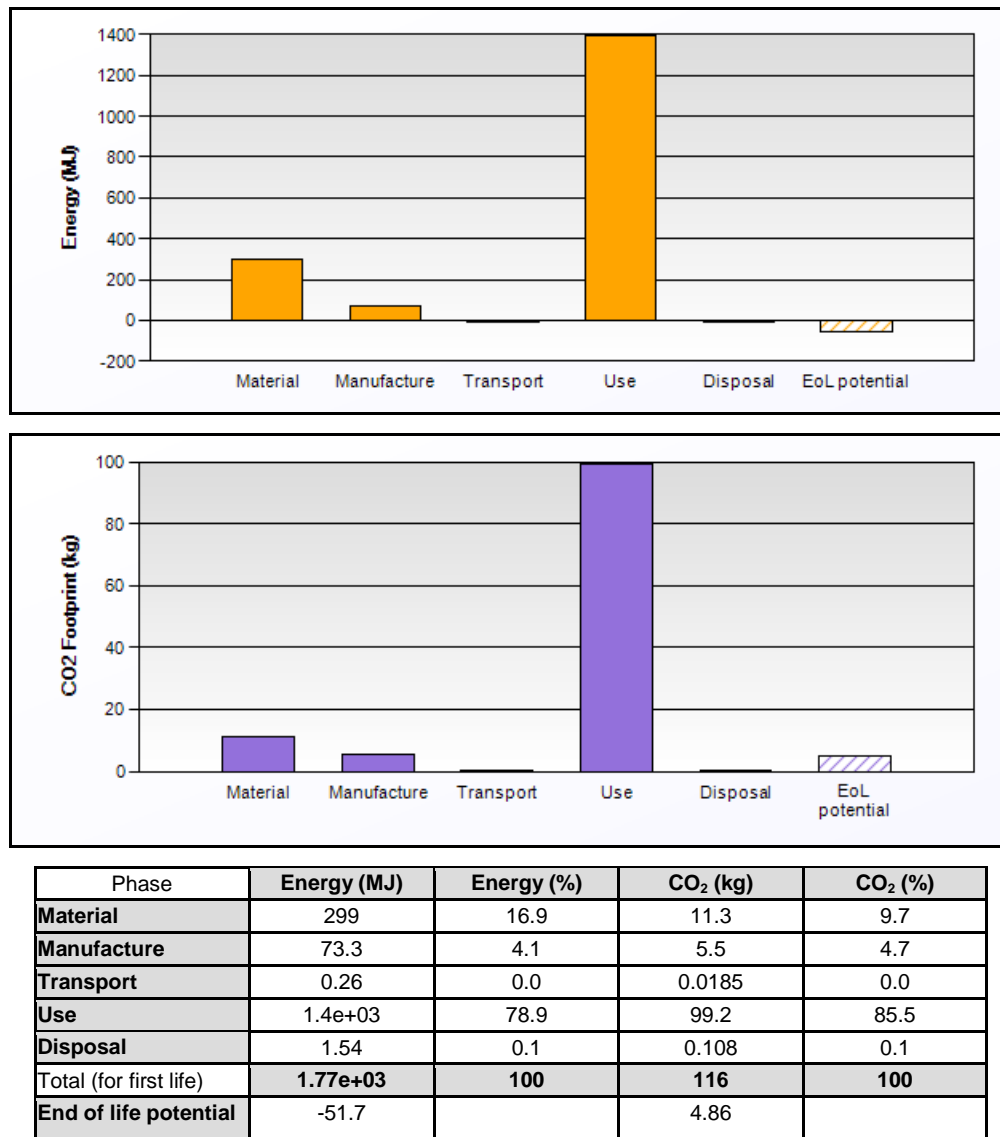
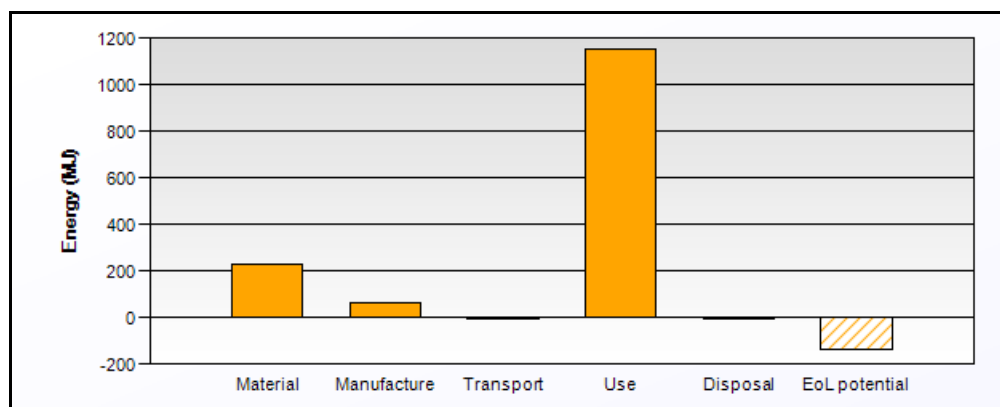
❖ *Puerta Anterior Propuesta*

Figura 6.8: Huella de CO₂ y consumo de energía de la puerta anterior propuesta en su ciclo de vida.

❖ *Puerta Posterior Actual*

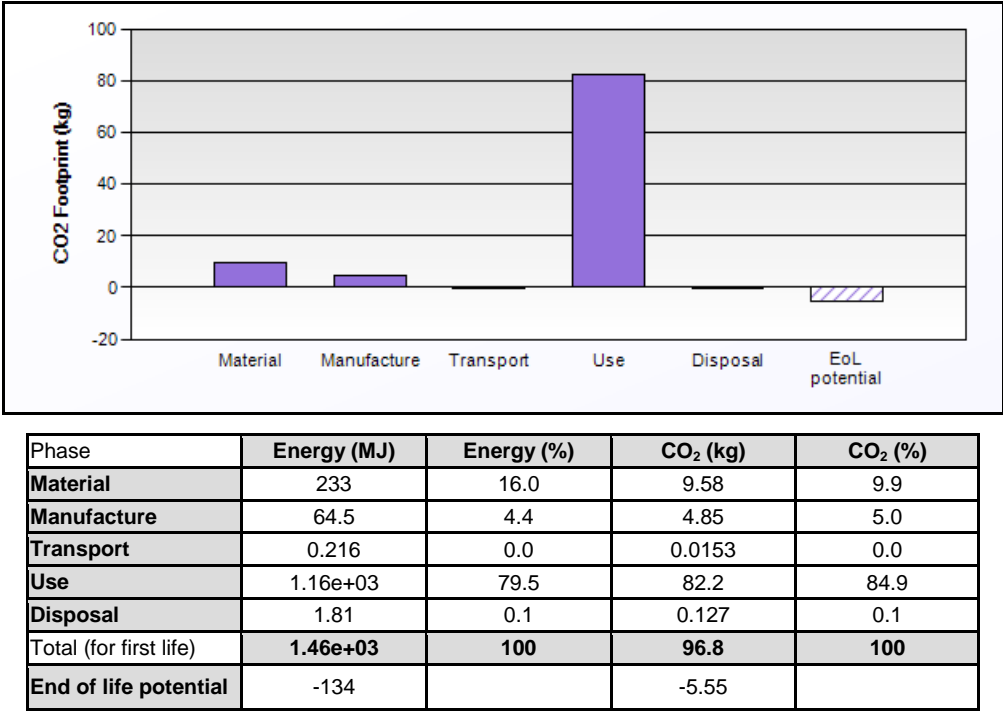
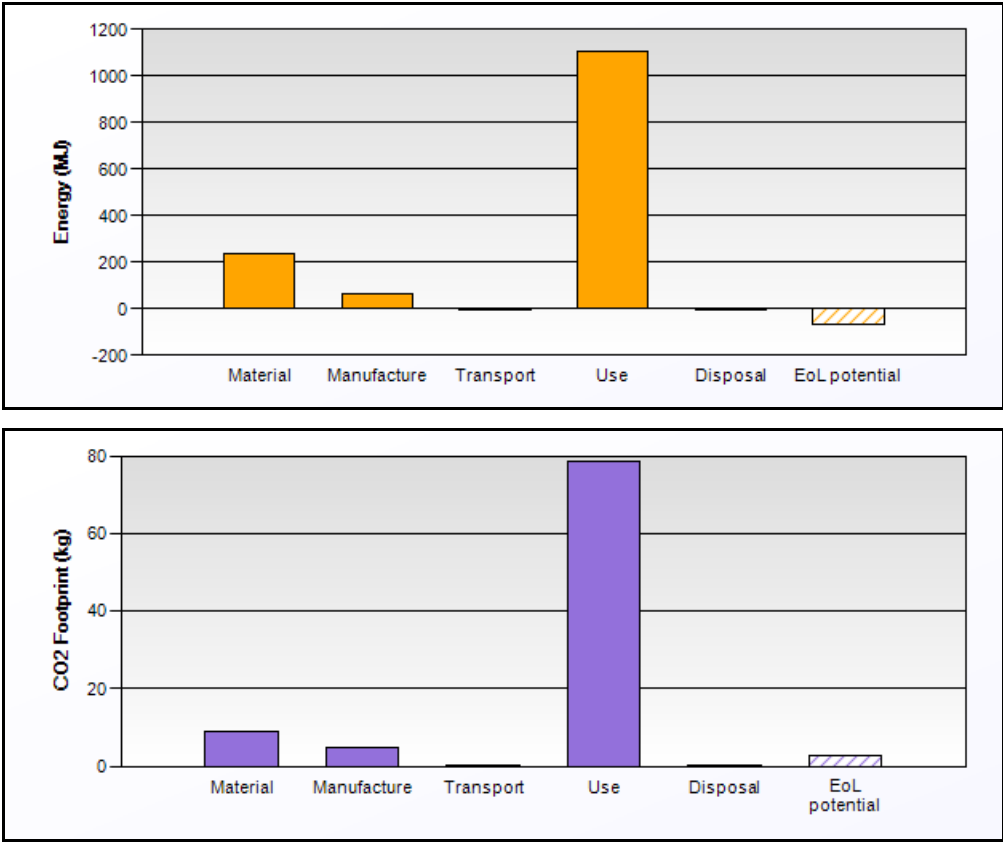


Figura 6.9: Huella de CO₂ y consumo de energía de la puerta posterior actual en su ciclo de vida.

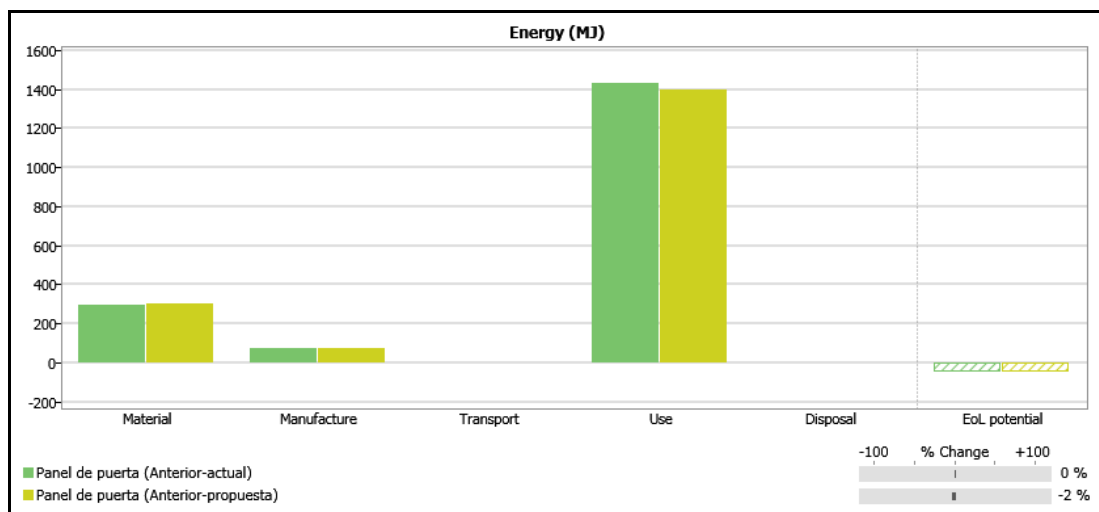
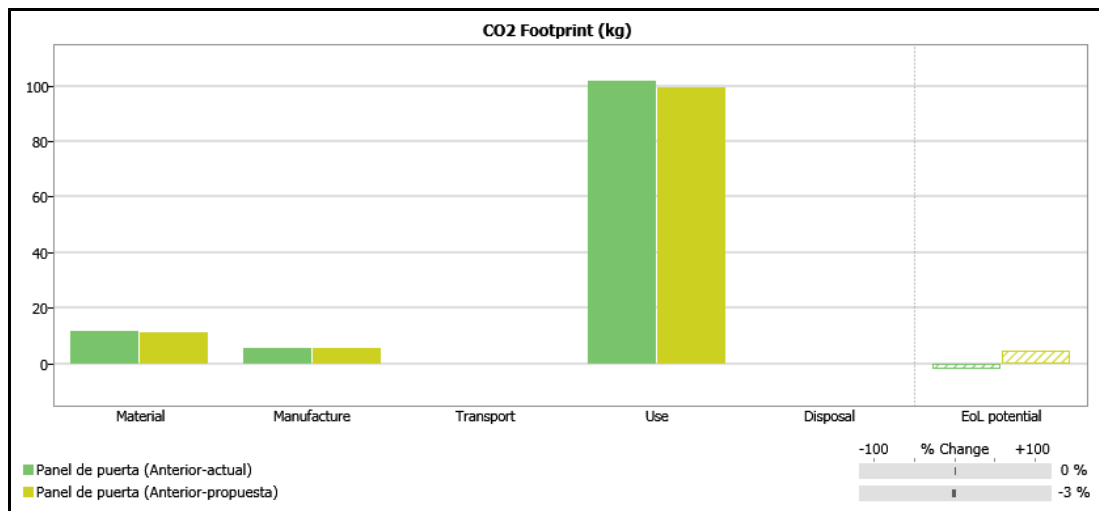
❖ Puerta Posterior Propuesta



Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO ₂ (kg)	CO ₂ (%)
Material	239	17.0	8.83	9.6
Manufacture	63.1	4.5	4.75	5.1
Transport	0.206	0.0	0.0146	0.0
Use	1.11e+03	78.5	78.6	85.2
Disposal	1.38	0.1	0.0965	0.1
Total (for first life)	1.41e+03	100	92.3	100
End of life potential	-65.1		2.61	

Figura 6.10: Huella de CO₂ y consumo de energía de la puerta posterior propuesta en su ciclo de vida.

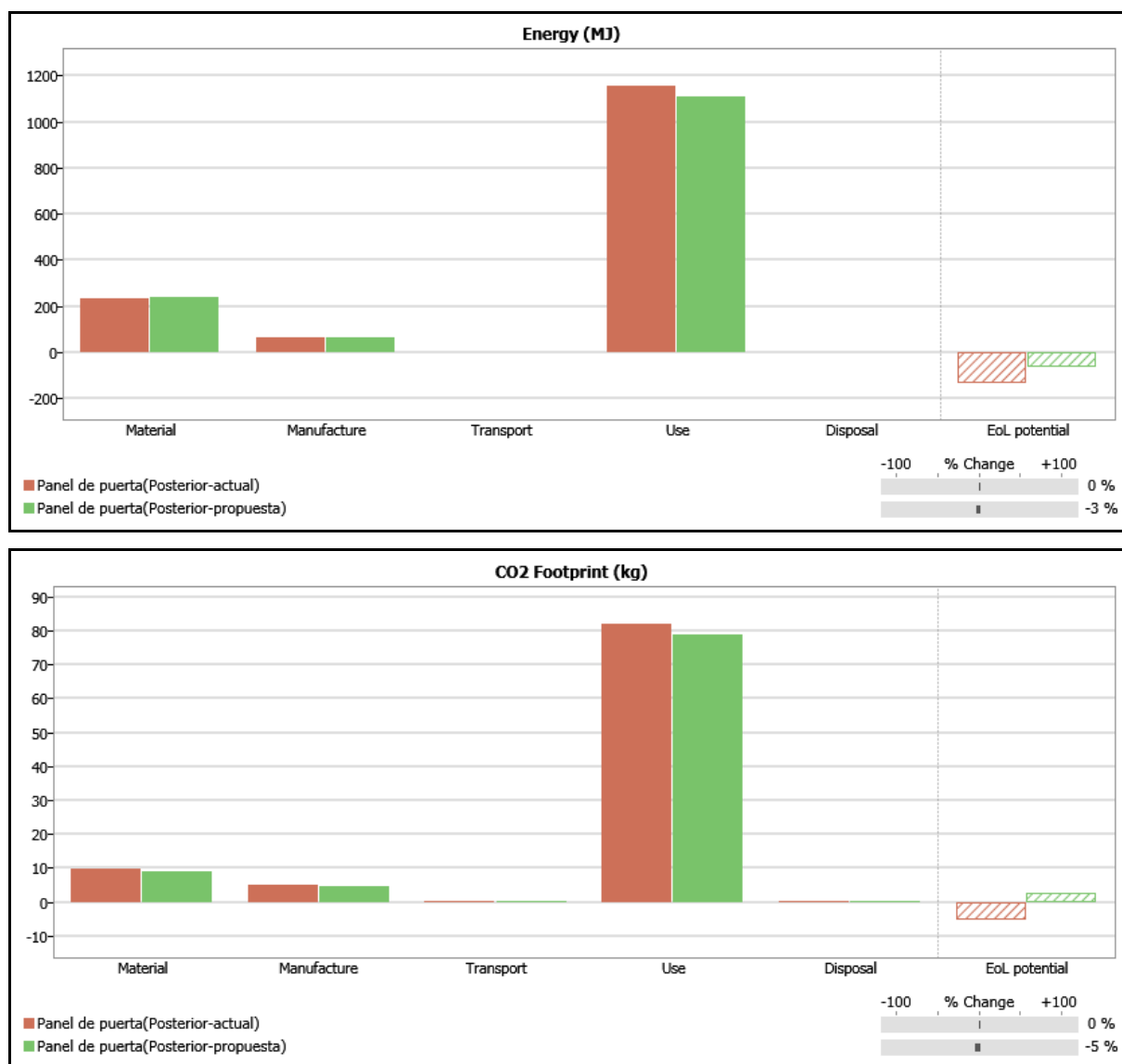
Una vez especificado el consumo energético y emisión de gas CO₂ a la atmósfera de cada uno de los paneles puerta se pasa a la comparativa entre los paneles actuales y los paneles propuesta. En la figura 6.11 se muestra la comparativa de la puerta anterior y en la figura 6.12, la posterior.



	Anterior Actual	Anterior Propuesta	Incremento	%
Energía bruta [MJ]	1800	1770	-30	-1,67
Huella de CO₂ [g CO₂]	119	116	-3	-2,52

Figura 6.11: Comparativa de la huella de CO₂ y consumo de energía entre la puerta anterior actual y propuesta.

En el caso de la puerta anterior se consigue un ahorro de energía bruta a lo largo de su vida útil además de una disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera.



	Posterior Actual	Posterior Propuesta	Incremento	%
Energía bruta [MJ]	1460	1410	-50	-3,42
Huella de CO₂ [g CO₂]	96,8	92,3	-4,5	-4,65

Figura 6.12: Comparativa de la huella de CO₂ y consumo de energía entre la puerta posterior actual y propuesta.

En la puerta posterior se produce un ahorro en los dos factores incluso superior al de la puerta anterior.

Conocidos los datos medioambientales tanto de los paneles anteriores como de los posteriores ya se puede realizar el cálculo de incremento de impacto medioambiental por coche (tabla 6.3).

	Coche actual	Coche propuesta	Incremento total por coche	%
Energía bruta [MJ]	6520	6360	-160	-2,45
Huella de CO ₂ [g CO ₂]	431,6	416,6	-15	-3,48
Residuos peligrosos [g]	96,8	8220	8123,2	8391,74
Acidificación [g SO ₂]	414	494	80	19,32
Partículas [g]	1890	2316	426	22,54
Eutrofización [mg PO ₄]	6180	8260	2080	33,66

Tabla 6.3: Comparativa medioambiental (por coche) entre el coche actual y el propuesta.

El estudio de selección de materiales se ha realizado para el acabado “reference” del SE370 (5 puertas). Es por ello que se revisan las previsiones realizadas por el departamento comercial sobre la producción y venta de este modelo y se muestran en la tabla 6.4.

	ENTRY	REFERENCE	STYLE	FR	TOTAL
Modelo SE370 (5 Puertas)	0,3%	27,7%	47,4%	24,6%	100%
	2.473	227.447	389.795	201.812	821.526

Tabla 6.4: Previsión de la producción de los diferentes acabados del SE370

Está previsto producir **227447 coches** con el acabado “reference”. Se procede al cálculo de la variación de impacto ambiental que se produciría si se instalaran los paneles-puerta propuesta en todos ellos (tabla 6.5).


	Incremento total			Incremento total
Energía bruta [MJ]	-36391520		Energía bruta	-36391520 MJ
Huella de CO ₂ [g CO ₂]	-3411705		Huella de CO ₂	-3,41 t CO ₂
Residuos peligrosos [g]	1847597470		Residuos peligrosos	1847,60 t
Acidificación [g SO ₂]	18195760		Acidificación	18,20 t SO ₂
Partículas [g]	96892422		Partículas	96,89 t
Eutrofización [mg PO ₄]	473089760		Eutrofización	473.09 kg PO ₄

Tabla 6.5: Incremento de los factores medioambientales teniendo en cuenta toda la producción (entre coche actual y propuesta).

7. Análisis económico

Se elabora el estudio económico del proyecto teniendo en cuenta dos aspectos diferenciados: el coste de elaboración del proyecto y la viabilidad de las inversiones al poner en marcha el proyecto.

❖ Elaboración del proyecto

En la tabla 7.1 se detallan las horas empleadas por un ingeniero recién titulado para realizar el proyecto junto con las horas que han dedicado ingenieros con más experiencia a la orientación y resolución de dudas. Se estima el coste por hora en 20€/h para los ingenieros junior y en 50€/h para los senior.

Horas de trabajo	Precio [€/hora]	Horas	Coste
1. Horas ingeniero recién titulado	20	1354	27.080 €
2. Consultas ingeniero senior	50	37	1850 €
2.1 Tutor y director del proyecto	50	20	1.000 €
2.2 Profesora del departamento de materiales (ETSEIB)	50	1	50 €
2.3 Departamento de Medioambiente (SEAT)	50	5	250 €
2.4 Departamento de Simulación (SEAT)	50	2	100 €
2.5 Departamento de Vehículo completo (SEAT)	50	4	200 €
2.6 Línea de montaje (SEAT)	50	5	250 €

Tabla 7.1: Desglose del coste de las horas de trabajo

Se ha de tener en cuenta el gasto relacionado con el uso de equipos informáticos y de la amortización de las licencias en los programas utilizados. Se estima en la tabla 7.2 una vida útil aproximada y se tiene en cuenta en el balance económico el periodo de tiempo que se ha usado en la realización del proyecto.

Hardware/Software	Precio	Vida útil [años]	Amortizado [años]	Coste
3. Licencia Catia V5 (Generative Part Structural Analysis, Part design, ...)	27.000 €	15	1	1.800 €
4. Licencia Microsoft Office 2003	600 €	10	1	60 €
5. Ordenador ESCAX	1.200 €	5	1	240 €

Tabla 7.2: Desglose del coste del software/hardware utilizados.

Aunque su impacto es menor en el balance total también se tiene en cuenta el material de oficina y piezas utilizadas, así como el coste del transporte y las dietas (tabla 7.3).

Material y otros	Precio [€/mes]	Meses	Coste
6. Transporte	100	11	1.100 €
7. Dietas	240	11	2.640 €
8. Material (bolis, papeles, teléfono, ...)	-	-	30 €
9. Piezas (panel puerta, tapa manecilla, 2 asideros,...)	-	-	32 €

Tabla 7.3: Material utilizado y otros costes del proyecto.

El sumatorio de todos los costes derivados del proyecto muestra el coste total del proyecto.

Coste Total de elaboración del proyecto	34.832 €
--	-----------------

❖ Viabilidad del proyecto

Se ha de hacer un análisis económico juntando la inversión necesaria que se ha de realizar con el ahorro por coche que ésta comportaría. El objetivo será determinar la producción mínima que lograría que la inversión fuera rentable antes del fin de la producción de este modelo.

La inversión que se ha realizar consiste en el cambio de moldes en las piezas que se fabricarán con un material diferente. Esto es debido a que al tener diferentes dilataciones, el molde ha de tener tamaño diferente. Se especifican en la tabla 7.4 los costes de todos los moldes que se fabricarán para las nuevas piezas.

	Anterior	Posterior
Cuerpo panel	400.000 €	350.000 €
Cintura	100.000 €	170.000 €
Medallón	170.000 €	90.000 €
Apoyabrazos	100.000 €	100.000 €
Asidero	400.000 €	160.000 €
Manecilla	50.000 €	50.000 €
Listón lamelunas	100.000 €	90.000 €
Padding	60.000 €	-
Distancial altavoz	25.000 €	25.000 €
Tapa fijación	12.500 €	12.500 €
Triángulo posterior	-	70.000 €
TOTAL	1.417.500 €	1.117.500 €

Tabla 7.4: Coste de cambio de molde.

La disminución de precio por coche es igual en los acabados "Entry" y "Reference" por un lado, y por otro es igual en los "Style" y "Fr" (tabla 7.5). La única diferencia es que en los "Style" y "Fr" no se cambiará el medallón al no haberse realizado el estudio para ellos.

	Entry (E)	Reference (R)	Style (S)	Fr (FR)
Ahorro	3,6548 €/coche	3,6548 €/coche	2,0936 €/coche	2,0936 €/coche

Tabla 7.5: Ahorro entre coche actual y propuesta para cada acabado.

Se estima la producción total del coches mínima (X) a partir de conseguir un Valor Actualizado Neto (VAN) positivo. De esta manera se asegura que una producción superior a X coches convierte el proyecto en rentable.

El porcentaje previsto de fabricación de los diferentes acabados del SE-370 se muestra en la tabla 7.6.

	ENTRY	REFERENCE	STYLE	FR
Modelo SE370 (5 Doors)	0,3%	27,7%	47,4%	24,6%
	0,003*X coches	0,277*X coches	0,474*X coches	0,246*X coches

Tabla 7.6: Ahorro entre coche actual y propuesta para cada acabado.

De la tabla 7.6 se obtienen las siguientes ecuaciones.

$$\left. \begin{array}{l} E = 0.003 * X \\ R = 0.277 * X \\ S = 0.474 * X \\ Fr = 0.246 * X \end{array} \right\} \quad (Eq 7.1)$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	2.569.832									
Ingresos		3.6548*E	3.6548*E	3.6548*E	3.6548*E	3.6548*E	3.6548*E	3.6548*E	3.6548*E	3.6548*E
Reference		3.6548*R	3.6548*R	3.6548*R	3.6548*R	3.6548*R	3.6548*R	3.6548*R	3.6548*R	3.6548*R
Style		2.0936*S	2.0936*S	2.0936*S	2.0936*S	2.0936*S	2.0936*S	2.0936*S	2.0936*S	2.0936*S
Fr		2.0936*Fr	2.0936*Fr	2.0936*Fr	2.0936*Fr	2.0936*Fr	2.0936*Fr	2.0936*Fr	2.0936*Fr	2.0936*Fr

Tabla 7.8: Estudio de la viabilidad de la inversión en función de la producción de los diferentes acabados.

Se aplica la ecuación (Eq 7.1)



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	2.569.832									
Ingresos		2.5307*X	2.5307*X	2.5307*X	2.5307*X	2.5307*X	2.5307*X	2.5307*X	2.5307*X	2.5307*X
Entry		0,0110*X	0,0110*X	0,0110*X	0,0110*X	0,0110*X	0,0110*X	0,0110*X	0,0110*X	0,0110*X
Reference		1,0124*X	1,0124*X	1,0124*X	1,0124*X	1,0124*X	1,0124*X	1,0124*X	1,0124*X	1,0124*X
Style		0,9924*X	0,9924*X	0,9924*X	0,9924*X	0,9924*X	0,9924*X	0,9924*X	0,9924*X	0,9924*X
Fr		0,5150*X	0,5150*X	0,5150*X	0,5150*X	0,5150*X	0,5150*X	0,5150*X	0,5150*X	0,5150*X
Cash Flow	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832	-2.569.832
	+2.5307*X	+5.0614*X	+7.5921*X	+10.1228*X	+12.6535*X	+15.1842*X	+17.7149*X	+20.2456*X	+22.7763*X	

Tabla 7.8: Estudio de la viabilidad de la inversión en función de la producción (X).

$$VAN = C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \left\{ \begin{array}{l} \Rightarrow -2569832 + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^1} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^2} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^3} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^4} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^5} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^6} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^7} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^8} + \frac{2.5307 * X}{(1+0,055)^9} > 0 \end{array} \right.$$

$$VAN > 0$$

$$X > 146.063,636 \quad \Rightarrow$$

$$\text{Producción anual mínima (X)} = 146.064 \text{ coches/año} \quad \text{Producción total mínima} = 1.314.576 \text{ coches}$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	2.569.832									
Ingresos		369.644,16	369.644,16	369.644,16	369.644,16	369.644,16	369.644,16	369.644,16	369.644,16	369.644,16
Entry		1.606,70	1.606,70	1.606,70	1.606,70	1.606,70	1.606,70	1.606,70	1.606,70	1.606,70
Reference		147.875,19	147.875,19	147.875,19	147.875,19	147.875,19	147.875,19	147.875,19	147.875,19	147.875,19
Style		144.953,91	144.953,91	144.953,91	144.953,91	144.953,91	144.953,91	144.953,91	144.953,91	144.953,91
Fr		75.222,96	75.222,96	75.222,96	75.222,96	75.222,96	75.222,96	75.222,96	75.222,96	75.222,96
Cash Flow	-2.569.832	-2.200.187,84	-1.830.543,67	-1.460.899,51	-1.091.255,34	-721.611,18	-351.967,01	17.677,15	387.321,32	756.965,48

Tabla 7.9: Estudio de la viabilidad de la inversión suponiendo producción mínima que garantice la viabilidad económica.

La total recuperación de la inversión se produciría a mediados del decimosegundo mes del sexto año. Es por ello que se estima un “payback” de 7 años para este proyecto (tabla 7.9).

Conclusiones

La primera conclusión que se extrae del proyecto es que existe una amplísima variedad de materiales, lo cual permite la mejora de diferentes aspectos del panel-puerta como pueden ser: coste, peso, menor impacto ambiental, háptica,... En el presente proyecto se ha priorizado coste y peso; secundariamente también reciclabilidad.

Este proyecto concluye una disminución en puerta anterior del 2.91% en masa y del 9.9% en coste, mientras que en la posterior una disminución del 4.16% en masa y del 13.89% en coste.

En el aspecto medioambiental se obtienen disminuciones en consumo de energía bruta de un 1.67% en puerta anterior y de un 3.42% en la posterior, mientras que la disminución de la emisión de CO₂ ha sido del 2.52% en puerta anterior y del 4.65% en puerta posterior.

Se observa en todas las piezas la elección de materiales con más resistencia que la que tienen actualmente. Esto asegura que las piezas cumplan los requisitos especificados por el consorcio sobradamente. Además protege las piezas de posibles malos más severos sobre las piezas.

Se han de realizar unas inversiones de 2.569.832 € en la fabricación de los moldes para las piezas con nuevo material. Realizando un cálculo de viabilidad del proyecto a 9 años con una tasa de interés del 5.5% se necesita una producción superior a 1.314.576 de SE370. La previsión oficial ronda los 821.526. Teniendo en cuenta únicamente la producción de SE370 el proyecto no es rentable. Contando con la posibilidad de usar este estudio para la elaboración de nuevos proyectos, como pueden ser otros modelos de la familia del SE370, convertiría el proyecto en rentable ya que su producción supera los 1.314.576 coches.

La última conclusión es la mejora en distribución de los materiales en el panel-puerta para su mejor separación y reciclaje.

Agradecimientos

Mi agradecimiento se dirige en primer lugar al ponente de mi proyecto Ferràn López tanto por haberme puesto en contacto con Seat como por haberme dedicado tantas horas, la mayoría de las cuales han sido en horario intempestivo y una vez había acabado su jornada laboral.

En segundo lugar y no por ello menos importante, quiero mostrar mi agradecimiento al Sr. Jorge Barceló por haber confiado en mí desde el principio y haberme buscado un proyecto de fin de carrera adecuado a mis conocimientos dentro del centro técnico de Seat.

Doy las gracias a Iñaki Lasala y Juan Antonio Sánchez por haberme aceptado en el departamento y por la flexibilidad que me han mostrado los días que no he podido venir. No me podría olvidar de la gran acogida que me ha brindado todos los integrantes del departamento de EK-2. Agradezco muy especialmente a Miguel Ángel Alfós la cantidad de horas que me ha dedicado resolviendo las dudas y asesorándome en la realización del proyecto.

Quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a mi familia por haberme alentado en los momentos difíciles, felicitado en los momentos alegres y haberme ofrecido todas las facilidades posibles para que yo pudiera cursar con éxito la carrera. Esta licenciatura es el fruto de su apoyo incondicional.

Por último, quiero recordar con mucho aprecio a todos mis amigos, tanto los que no cursaban la carrera conmigo por su atención e interés en el transcurso de la misma, como los compañeros de universidad con los que se ha forjado una gran amistad, por tantos momentos compartidos, tantas preocupaciones vividas juntos y tantos trabajos realizados codo con codo. Han conseguido aliviar la dureza de las temporadas de exámenes y compartir los momentos de alegría.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

ASHBY, MICHAEL FARRIES. Materials Selection in Mechanical Design. Tercera edición. Oxford: Pergamon Press, 1992. 603 p. ISBN: 978-0-7506-6168-3

RIBA ROMEVA, CARLES. Disseny de màquines IV, Selecció de materials. Primera edición. Barcelona: Ediciones UPC, 2007. 277 p. ISBN: 978-84-8301-714-2

Bibliografía complementaria

Traductor alemán-español

<http://sprachenportal.wob.vw.vwg/asp/maschinell/maschinell.asp?Struktur=4>

Producción de energía eléctrica

http://awsassets.wwf.es/downloads/observatorio_electricidad_anual_2011_final.pdf

Información sobre háptica

<http://www.psicothema.com/pdf/885.pdf>

Funcionamiento del Sensotac

<http://www.sensotac.com/>

Información sobre selección de materiales

<http://es.scribd.com/doc/81392971/Metodologia-de-Selecc-de-Materiales-Ashby-Tarea>

Base de datos de materiales

<http://www.matweb.com/>

Repositorio interno del departamento EK-213

ANEXO A. Directiva europea relativa a la homologación de tipo desde el punto de vista del reciclaje 2005/64/CE

Con fecha 26 de Octubre del 2005, entró en vigor la Directiva europea relativa a la homologación de tipo desde el punto de vista del reciclaje. El cumplimiento de esta directiva, implica entre otras cosas que:

- Únicamente podrán comercializarse los vehículos que sean reciclables en un mínimo del 95 % en masa.
- Todos los aspectos relacionados con el reciclaje deben incluirse en las fases iniciales de desarrollo de nuevos vehículos, con el fin de facilitar el tratamiento de los mismos cuando lleguen al final de su vida útil.
- El fabricante (SEAT) deberá poner a disposición de los organismos competentes toda la información técnica pertinente relativa a los materiales y pesos con el fin de permitir la verificación de los cálculos del fabricante con arreglo a la norma ISO 22628
- Los cálculos, únicamente podrán validarse adecuadamente si el fabricante ha establecido procedimientos satisfactorios para gestionar toda la información que reciba de sus proveedores. Antes de concederse la homologación de tipo, el organismo competente deberá realizar una evaluación preliminar y extender un certificado en que se declare que los procedimientos de control instaurados son satisfactorios. En el caso de SEAT, disponemos de éste certificado, expedido por la Fundación para el fomento de la innovación industrial F2I2, dependiente del ministerio de industria, desde el pasado 19 de Julio del 2007 , el cual ha sido renovado por la Unidad de Certificación del Automóvil (UCA) en fecha 20 de Julio del 2010.

Para superar con éxito la evaluación preliminar el fabricante debe haber tomado las medidas necesarias destinadas a:

- Recopilar los datos pertinentes a lo largo de toda la cadena de suministro, en particular los relativos a la naturaleza y masa de todos los materiales (incluidos fluidos, ceras, pinturas, masillas y demás materiales auxiliares) utilizados para la fabricación de los vehículos, con objeto de realizar los cálculos exigidos en la presente Directiva.

- Verificar adecuadamente la información recibida de los proveedores.
- Gestionar el desglose de materiales por familias y poder efectuar el cálculo de los coeficientes de reciclado y valorización con arreglo a la norma ISO 22628:2002.
- Marcar los componentes realizados con polímeros y elastómeros, de conformidad con la decisión 2003/138/CE de la Comisión, de 27 de febrero de 2003, por la que se establecen las normas de codificación de los componentes y materiales para vehículos en aplicación de la directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los vehículos al final de su vida útil.
- Verificar que ningún componente incluido en el anexo V de la directiva se reutiliza para la fabricación de vehículos nuevos.

El fabricante deberá asimismo recomendar una estrategia para el tratamiento de los vehículos al final de su vida útil y comunicar los detalles de la misma al organismo competente. Dicha estrategia debe basarse en tecnologías acreditadas que estén disponibles o se estén desarrollando cuando se solicite la homologación del vehículo.

La directiva 2009/1/CE de la comisión de fecha 7 de enero de 2009, modifica para su adaptación al progreso técnico la Directiva 2005/64/CE haciendo especial hincapié en el control de materiales limitados y/o prohibidos.

ANEXO B. Información sobre el programa EuP eco-profiler



¿Qué es EuPeco-profiler?

EuPeco-profiler es una herramienta informática gratuita de **Análisis de Ciclo de Vida para Productos que Utilizan Energía** (*Energy-using Products - EuP*). Puede descargar el Manual de Usuario de EuPeco-profiler desde el menú [Descargas](#).

¿Cómo puedo conseguir EuPeco-profiler?

EuPeco-profiler se puede descargar gratuitamente desde [esta página](#).

¿Para qué sirve?

Es una herramienta de soporte a la **Ecolnnovación para las PyMEs del sector EuP** y permite identificar, cuantificar y comunicar el **perfil ambiental** de productos del sector EuP.

¿En qué se basa?

Esta herramienta usa las bases de datos ambientales y sigue las reglas y criterios definidos en la **Metodología MEEuP** - desarrollada por VHK para la Comisión Europea (*MEEuP Methodology Report, Final / 28.11.2005 / VHK for EC*). Esta metodología se emplea en los estudios preparatorios de la Directiva EuP (Directiva 2005/32/CE, derogada por la nueva Directiva ErP 2009/125/CE).

¿Qué beneficios aporta a la empresa?

- Permite conocer de forma rápida y sencilla el impacto ambiental asociado a sus productos/procesos considerando todo su ciclo de vida (p.ej. huella de carbono, etc.).
- Permite identificar y priorizar los esfuerzos de mejora ambiental en aquellos aspectos más relevantes del producto.
- Le permite comparar, desde un punto de vista ambiental, diferentes alternativas de diseño y comunicar los resultados de forma cuantitativa.
- Le permite estar alineado con los futuros requisitos de los Reglamentos CE de la Directiva ErP (RD 1369/2007).

¿Cómo funciona?

PASO 1.- CARACTERIZACIÓN: El usuario introduce la información asociada a su producto considerando todo su ciclo de vida (fabricación, distribución, uso y final de vida). La pantalla de entrada de datos le permite seleccionar diferentes materiales y procesos mediante listas desplegables. La base de datos de la herramienta contiene un total de 159 materiales y procesos del sector EuP. El usuario puede definir el nivel de detalle del estudio, añadiendo flujos o subflujos a su esquema de producto (figura B.1).

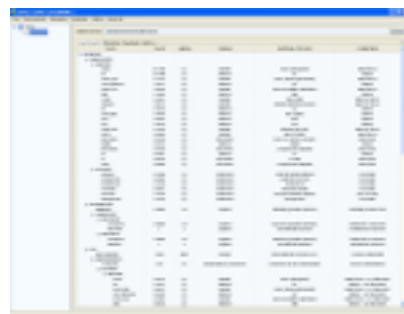


Figura B.1: Caracterización del producto

PASO 2.- INDICADORES: El usuario selecciona los indicadores de impacto ambiental que quiere evaluar de una lista con un total de 16. Entre ellos está el calentamiento global (huella de carbono), consumo de energía, generación de residuos, consumo de agua, etc (figura B.2).

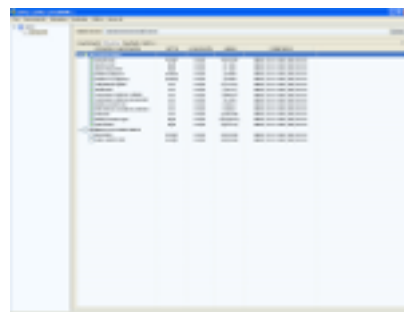


Figura B.2: Indicadores ambientales

PASO 3.- RESULTADOS: La herramienta presenta los resultados asociados a los indicadores ambientales seleccionados para cada uno de los materiales y procesos considerados en la fase de CARACTERIZACIÓN. Estos resultados se pueden agrupar/desagrupar y presentar en valor o en porcentaje. También le permite resaltar los más significativos empleando la función de "análisis de significancia" (figura B.3).

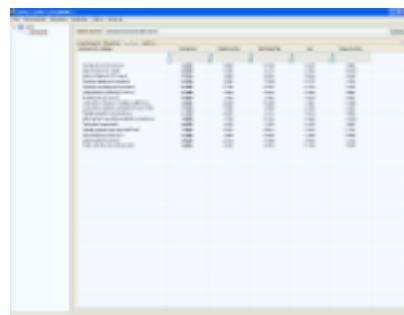


Figura B.3: Resultados ambientales

PASO 4.- GRÁFICOS: La herramienta puede representar de forma gráfica el % de contribución de cada material y proceso del producto para cada indicador seleccionado, cubriendo todas las fases de su ciclo de vida. El usuario decide que materiales, procesos o fases del ciclo de vida del producto quiere representar gráficamente, para así focalizar el análisis de los resultados en aquellos factores más representativos en su caso (figura B.4).

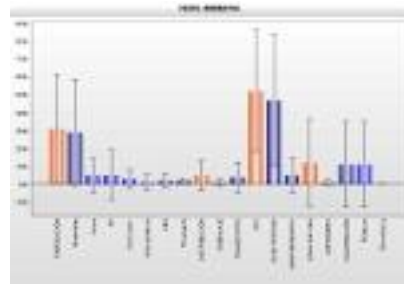


Figura B.4: Gráficas de los resultados

¿Qué características funcionales tiene la herramienta?

- Utilización muy sencilla, para técnicos y no necesariamente expertos en ACV
- Modificación y creación muy rápida de nuevos productos/procesos a evaluar
- El nivel de detalle de los datos/resultados es elección y decisión del usuario
- Fácil interpretación de resultados a partir de menús, tablas y gráficos
- Exportación directa de los resultados a hojas de cálculo y los gráficos a imágenes
- La información es compatible y accesible con/para otros usuarios
- Su desarrollo está basado en la MEEuP y en las normas ISO de ACV (14040/44:2006)
- La herramienta puede adaptarse a necesidades específicas concretas, como por ejemplo: otras bases de datos (necesario contactar con SIMPPLE).

ANEXO C. Definición de háptica y métodos para cuantificarla

Háptica proviene del griego háptō (tocar, relativo al tacto) y, estrictamente hablando, significa todo aquello referido al contacto, especialmente cuando éste se usa de manera activa.

La Háptica puede considerarse como el estudio del comportamiento del contacto y las sensaciones. El sentido del tacto es extremadamente importante para los seres humanos, pues no solo provee información sobre las superficies y texturas, es un componente de la comunicación no verbal en las relaciones interpersonales.

No se han de confundir los términos percepción táctil, percepción kinestésica y percepción háptica.

- **Percepción táctil:** hace referencia a la información adquirida exclusivamente a través del sentido cutáneo, cuando el perceptor adopta una postura estática que se mantiene a lo largo de todo el tiempo que dura el procesamiento de la estimulación.

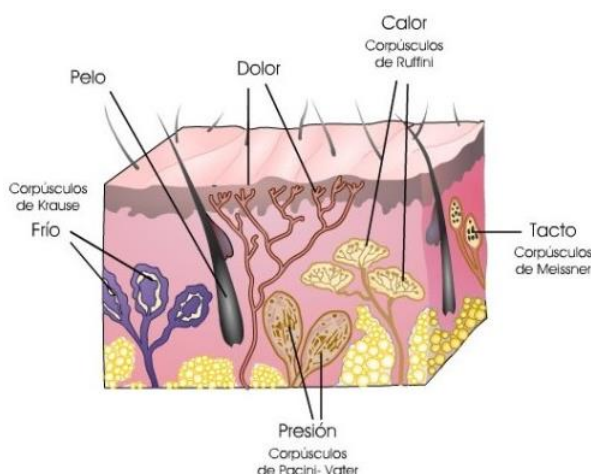


Figura C.1: Ubicación de los receptores de la piel

- **Percepción kinestésica:** se refiere a la información proporcionada por los músculos y tendones. Son las sensaciones percibidas al tocar sin tener en cuenta las sensaciones adquiridas a través de la piel (Ej. Sensación al tocar un objeto con la superficie de la piel tapada por algún material que impida captar sensaciones a través de la misma)

- **Percepción háptica:** es la suma del componente táctil y el componente kinestésico que se combinan para proporcionar al receptor información válida acerca de los objetos del mundo. Resumiendo, se trata de la información obtenida exclusivamente a través del uso activo de manos y dedos (figura C.1).

El objetivo básico de la háptica viene a ser el conferir un valor añadido a la calidad del vehículo con el objetivo de satisfacer las expectativas de un cliente cada vez más exigente. Se ha de decir que la háptica del automóvil incluye también la percepción de los sonidos emitidos de los interruptores o accionadores, siendo mejor hápticamente hablando cuanto más parecido sea el sonido producido por el accionador al sonido esperado por el que lo acciona.

La sensación de calidad de las piezas que interactúan con los ocupantes del vehículo es un parámetro difícil de cuantificar a la vez que subjetivo. Para poder estandarizar de alguna manera las sensaciones captadas por el cliente se hace uso de una herramienta llamada “Sensotact®”, creada por el “Centre d’Évaluation des Microtechniques pour l’Analyse Sensorielle” (CEMAS).

◇ **Sensotact®**

El “Sensotact®” es una herramienta a través de la cual se le puede asignar un valor numérico, según una escala definida, a las sensaciones (únicamente del tacto) percibidas en la interacción de las piezas con los ocupantes del vehículo.

Según CEMAS se puede caracterizar, únicamente haciendo uso del tacto, cualquier pieza con el uso de 8 movimientos diferentes (figura C.2).

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. Movimiento tangencial. | 5. Volumen. |
| 2. Movimiento ortogonal. | 6. Contorno. |
| 3. Contacto estático. | 7. Funciones del objeto. |
| 4. Levantamiento (evaluar peso). | 8. Movilidad. |

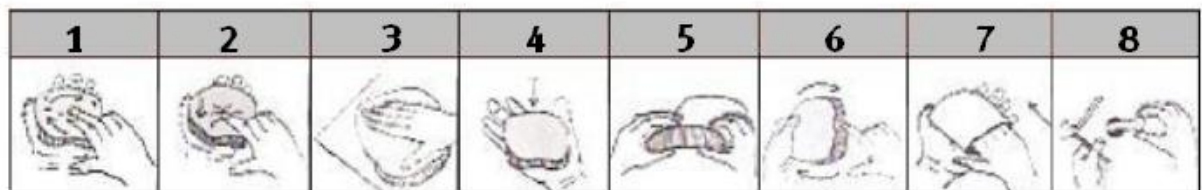


Figura C.2: Movimientos táctiles según CEMAS

Según CEMAS de los anteriores 8 movimientos posibles sólo se usan y tienen sentido, en el mundo de la automoción, 3 de ellos (figura C.3).



Figura C.3: Movimientos principales para la automoción según CEMAS

Con estos tres movimientos se pueden evaluar hasta 10 percepciones diferentes (figura C.4).



Figura C.4: Movimientos y percepciones seleccionados en Sensotact®

Cada una de las percepciones está clasificada en una escala de 0 a 100, según el criterio de Sensotact®. Existen 5 muestras referentes a cada percepción (0, 20, 55, 75, 100). Un ejemplo sería la dureza (0 es muy blando, 100 es muy duro). Siguiendo un protocolo de medición se puede asimilar un valor a cada percepción comparando la pieza en cuestión con las muestras del Sensotact® expuestas en la figura C.5.

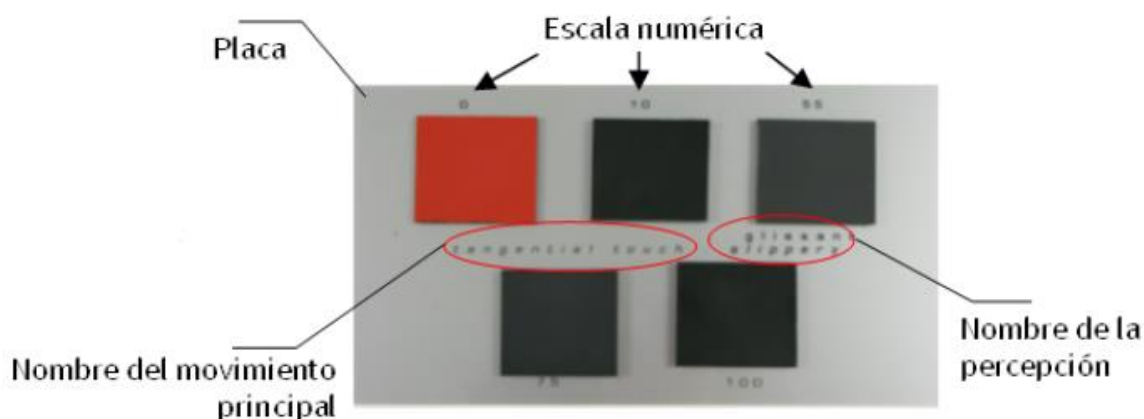


Figura C.5: Placa de Sensotact®

En la figura C.6 se encuentra el protocolo de medición de cada una de las percepciones así como la descripción de cada una de ellas y la posición de la mano que ha de adoptar el encargado de la medición.

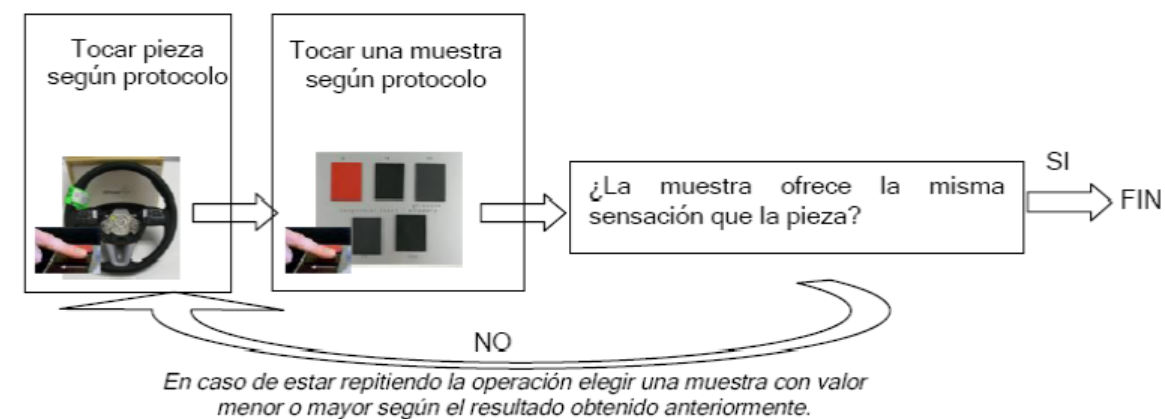


Figura C.6: Esquema del procedimiento básico de medición con Sensotact®

En definitiva se trata de asimilar un valor numérico a una sensación asimilándolo a el valor de las muestras del Sensotac®. Se expone en la figura C.7 el protocolo de medición con Sensotac®.

Movimiento		Descripción de la percepción		Posición mano		Protocolo		Consideraciones	
Ortogonal	Adherencia	Capacidad del material de adherirse a la yema de los dedos		Dedos índice, corazón y anular, situados aproximadamente a 15°.		Se aplica una ligera fuerza ortogonal y se evalúa su adhesión con el material.		NO REPETIR EL MOVIMIENTO MÁS DE UNA VEZ SEGUIDA, PARA EVITAR LA ACUMULACIÓN DE SEBO.	
	Dureza	Cantidad de fuerza para comprimir levemente el material		Dedo índice ortogonal a la superficie.		Se aplica la suficiente fuerza como para hundir levemente el material.		NO HINCAR LA UÑA NI ROMPER EL MATERIAL.	
	Nervosidad	Cantidad de fuerza de retorno del material tras su deformación		Dedo índice ortogonal a la superficie.		Se aplica fuerza hasta hundir el material, y se deja el dedo muerto sobre la superficie.		NO HINCAR LA UÑA NI ROMPER EL MATERIAL.	
	Memoria de la forma	Capacidad del material de mantener la forma original tras una deformación		Dedo índice ortogonal a la superficie.		Se aplica fuerza hasta hundir el material, y se separa el dedo. A continuación se realizan varias pasadas para evaluar cuándo recupera la forma inicial.		NO HINCAR LA UÑA NI ROMPER EL MATERIAL.	
Tangencial	Frenado	Cantidad de fuerza necesaria para mover el dedo índice sobre la superficie		Dedo índice tangente a la superficie.		Sin comprimir el material, se aplica un movimiento tangencial y se deja ir el dedo. Comprobar el frenado al que se ve sujeto.		EVALUAR EN DIRECCIONES PERPENDICULARES.	
	Relieve	Diferencia de altura percibida en la superficie del material		Dedo índice tangente a la superficie a 45°.		Sin comprimir el material, acercar el dedo en línea recta, a la vez que se realizan microcircuitos. La velocidad debe ser baja.		REPETIR EN DIFERENTES PARTES DE LA PIEZA Y EN DIRECCIONES PERPENDICULARES.	
	Deslizamiento	Facilidad de hacer resbalar el dedo índice a lo largo de la superficie		Dedo índice tangente a la superficie a 45°.		Sin comprimir el material, se aplica un movimiento tangencial hacia nosotros y se mantiene a lo largo de la pieza. La velocidad debe ser baja.		EVALUAR EN DIRECCIONES PERPENDICULARES Y MENOSPRECIAR EL ESFUERZO INICIAL PARA VENCER EL ROZAMIENTO.	
	Fibrosidad	Reversibilidad de las fibras de la superficie		Dedo índice tangente a la superficie.		Hacer un movimiento estático de adelante a atrás, continuamente.		EVALUAR EN DIRECCIONES PERPENDICULARES.	
Estático	Rugosidad	Presencia en el material de relieve, partículas o asperezas		Dedo índice tangente a la superficie a 45°.		Comprimiendo levemente el material, acercar el dedo hacia nosotros. La velocidad debe ser alta.		EVALUAR EN DIRECCIONES PERPENDICULARES Y MENOSPRECIAR EL ESFUERZO INICIAL PARA VENCER EL ROZAMIENTO.	
	Termal	Percepción del calor de la pieza		Poner la palma de la mano sobre el material.		Se deja la mano 3 segundos sobre la superficie.		DEJAR 10 SEGUNDOS ENTRE DIFERENTES MEDICIONES.	

Figura C.7: Protocolos de medición de sensaciones con Sensotac®.

ANEXO D. Propiedades de los plásticos utilizados en el panel-puerta actual

D.1. Acrilonitrilo Butadieno Estireno (●ABS)

PRODUCT INFORMATION



Terluran®
HH-106

Oct 2011

Product Description

Terluran HH-106 is an injection molding ABS grade with high resistance to heat deformation and impact.

Applications

Typical applications include automobile interior trim.

RHEOLOGICAL	ISO Test Method	Property Value
Melt Volume Rate (220 C/10 Kg), cc/10min.	1133	7
PHYSICAL	ISO Test Method	Property Value
Density, g/cm	1183	1.05
MECHANICAL	ISO Test Method	Property Value
Tensile Modulus, MPa	527	
23C		2,400
Tensile stress at yield, MPa	527	
23C		51
Tensile strain at yield, %	527	
23C		3
Nominal strain at break, %	527	
23C		9
Flexural Strength, MPa	178	
23C		72
IMPACT	ISO Test Method	Property Value
Izod Impact, kJ/m	180	
23C		19
Charpy Notched, kJ/m	179	
23C		17
-30C		7
Charpy Unnotched, kJ/m	179	
23C		190
-30C		100
THERMAL	ISO Test Method	Property Value
HDT A (1.8 MPa), C	75	108
HDT B (0.45 MPa), C	75	111
Coef. of Linear Thermal Expansion, Parallel, mm/mm C		0.95 X10-4

Styrolution USA LLC
100 Campus Drive
Florham Park, NJ 07932

Driving Success. Together.

Page 1 of 2

Terluran® HH-106

Vicat Softening Temperature VST/B/50 C	306	106
ELECTRICAL	ISO Test Method	Property Value
Volume Resistivity	IEC 60093	>1E13
Electric Strength, Short Time, 1.5 mm	IEC 60243-1	39

Note

Although all statements and information in this publication are believed to be accurate and reliable, they are presented gratis and for guidance only, and risks and liability for results obtained by use of the products or application of the suggestions described are assumed by the user. NO WARRANTIES OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE MADE REGARDING PRODUCTS DESCRIBED OR DESIGNS, DATA OR INFORMATION SET FORTH. Statements or suggestions concerning possible use of the products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that toxicity data and safety measures are indicated or that other measures may not be required.

D.2 Polipropileno con una carga de 16% de talco

Hostacom EKC 133N
 Polipropileno
 LyondellBasell Industries



Descripción del Producto

"Hostacom" 133N is a 16% mineral filled, impact modified grade for interior application with a high melt flow, low gloss for good aesthetics and good scratch resistance.

General

Estado del Material	• Comercial: Activo
Disponibilidad	• Europa • Latinoamérica • Norteamérica
Carga/refuerzo	• Relleno mineral, 16% Carga en peso
Aditivo	• Modificador de impacto
Características	• Brillo bajo • Flujo alto • Modificado por impacto • Resistente al rayado
Usos	• Aplicaciones de automoción • Piezas interiores para automoción

Prop. físicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Densidad	1,02 g/cm ³	ISO 1183
Velocidad de Fundido (230°C/2,16 kg)	12 g/10 min	ISO 1133
Prop. mecánicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Resistencia a la tracción		ISO 527-2/50
Punto de Fluencia, 23°C	20,0 MPa	
Módulo de Flexión ² (23°C)	1900 MPa	ISO 178
Impacto	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Fuerza de Impacto Charpy Notched		ISO 179/1eA
-30°C	3,0 kJ/m ²	
23°C	17 kJ/m ²	
Resistencia al impacto Charpy sin entalle		ISO 179/1eU
23°C	Sin rotura	
Prop. térmicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Temperatura de deflexión por calor (HDT)		ISO 75-2/A
1,8 MPa, No recocido	55,0 °C	

Notas

¹ Propiedades típicas: éstas no deben interpretarse como especificaciones.

² 2,0 mm/min

1 de 1

UL and the UL logo are trademarks of UL, LLC © 2012. All Rights Reserved.
 UL IDES | 800-758-4868 or 307-742-0227 | www.ides.com

La información presentada en este boletín técnico ha sido adquirida por UL IDES del productor del material. UL IDES realiza considerables esfuerzos para garantizar la exactitud de estos datos. No obstante, UL IDES no asume responsabilidad alguna por los valores de los datos y recomienda encarecidamente que los datos del material se confirmen con el proveedor antes de la selección final.

Historial de revisión
 Documento creado: miércoles, 05 de septiembre de 2012
 Añadido a Prospector: diciembre de 2002
 Última actualización: 05/03/2010

D.3 Polipropileno de alta cristalinidad

Hostacom PPU X9067HS

Polipropileno de alta cristalinidad
LyondellBasell Industries



Descripción del Producto

"Hostacom" PPU X9067HS is a HCPP copolymer with very high stiffness, high toughness and high flow. Used for automotive interior applications.

General

Estado del Material	• Comercial: Activo		
Disponibilidad	• África y Oriente Medio • Asia-Pacífico	• Europa • Latinoamérica	• Norteamérica
Características	• Buena dureza • Buena rigidez	• Copolímero • Cristalino	• Flujo alto
Usos	• Aplicaciones de automoción • Piezas interiores para automoción		

Prop. físicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Densidad	0,910 g/cm³	ISO 1183
Velocidad de Fundido (230°C/2,16 kg)	15 g/10 min	ISO 1133
Prop. mecánicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Resistencia a la tracción		ISO 527-2/50
Punto de Fluencia	26,0 MPa	
Deformación por tracción (Punto de Fluencia)	5,0 %	ISO 527-2/50
Módulo de Flexión (23°C)	1450 MPa	ISO 178
Impacto	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Fuerza de Impacto Charpy Notched		ISO 179/1eA
0°C	5,0 kJ/m²	
23°C	8,0 kJ/m²	
Resistencia al impacto Charpy sin entalle		ISO 179/1eU
23°C	Sin rotura	
Dureza	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Dureza a la penetración de bola (H 358/30)	60,0 MPa	ISO 2039-1
Prop. térmicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Temperatura de deflexión por calor (HDT)		
0,45 MPa, No recocido	100 °C	ISO 75-2/B
1,8 MPa, No recocido	58,0 °C	ISO 75-2/A
Temperatura de Ablandamiento Vicat	147 °C	ISO 306/A50

Notas

¹ Propiedades típicas: éstas no deben interpretarse como especificaciones.

D.4 Poliamida con una carga de 30% de fibra de vidrio

Akulon® K224-G6

Poliamida 6

DSM Engineering Plastics



General			
Estado del Material	• Comercial: Activo		
Disponibilidad	• Asia-Pacífico	• Europa	• Norteamérica
Carga/refuerzo	• Refuerzo de fibra de vidrio, 30% Carga en peso		
Conformidad con RoHS	• Conforme a RoHS		
Formas	• Pellets		
Datos multipunto	• Isochronous Stress vs. Strain (ISO 11403-1) • Isothermal Stress vs. Strain (ISO 11403-1)	• Secant Modulus vs. Strain (ISO 11403-1) • Shear Modulus vs. Temperature (ISO 11403-1)	• Specific Volume vs. Temperature (ISO 11403-2) • Viscosity vs. Shear Rate (ISO 11403-2)

Prop. físicas	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Densidad	1,35	--	g/cm³	ISO 1183
Contracción de moldeo				ISO 294-4
Flujo	0,30	--	%	
Flujo Transversal	0,90	--	%	
Absorción de agua				ISO 62
Saturación, 23°C	6,3	--	%	
Equilibrio, 23°C, 50% RH	1,9	--	%	
Prop. mecánicas	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Módulo de tensión	9500	6000	MPa	ISO 527-2
Resistencia a la tracción (Rotura)	180	110	MPa	ISO 527-2
Deformación por tracción (Rotura)	3,5	7,0	%	ISO 527-2
Módulo de Flexión	8600	--	MPa	ISO 178
Resistencia a la flexión	235	--	MPa	ISO 178
Impacto	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Fuerza de Impacto Charpy Notched				ISO 179/1eA
-30°C	11	11	kJ/m²	
23°C	12	25	kJ/m²	
Resistencia al impacto Charpy sin entalle				ISO 179/1eU
-30°C	75	75	kJ/m²	
23°C	90	110	kJ/m²	
Dureza	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Dureza Shore				ISO 868
Shore D, 15 seg.	85	--		
Shore D, 3 seg.	86	--		
Prop. térmicas	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Temperatura de deflexión por calor (HDT)				
0,45 MPa, No recocido	220	--	°C	ISO 75-2/B
1,8 MPa, No recocido	200	--	°C	ISO 75-2/A
Temperatura de Fusión ²	220	--	°C	ISO 11357-3
Coefficiente de dilatación térmica lineal (CLTE)				ISO 11359-2
Flujo	0,000020	--	cm/cm/°C	
Transversal	0,000070	--	cm/cm/°C	
Prop. eléctricas	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Resistividad superficial	--	1,0E+14	ohm	IEC 60093
Resistividad específica de volumen	1,0E+15	1,0E+13	ohm-cm	IEC 60093
Resistencia eléctrica	30	25	kV/mm	IEC 60243-1

Akulon® K224-G6

Poliamida 6

DSM Engineering Plastics

miércoles, 05 de septiembre de
2012

Prop. eléctricas	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Permitividad relativa				IEC 60250
100 Hz	3,50	20,0		
1 MHz	3,30	5,00		
Factor de disipación				IEC 60250
100 Hz	0,0050	0,30		
1 MHz	0,015	0,12		
Índice comparativo de formación de surcos eléctricos	--	600	V	IEC 60112
Inflamabilidad	Seco	Acondicionado	Unidad	Método de Ensayo
Clasificación de inflamabilidad				IEC 60695-11-10, -20
0,750 mm	HB	--		
1,50 mm	HB	--		
Índice de inflamabilidad de hilo incandescente				IEC 60695-2-12
1,50 mm	700	--	°C	
2,00 mm	700	--	°C	
Temperatura de ignición de hilo incandescente				IEC 60695-2-13
1,50 mm	725	--	°C	
2,00 mm	725	--	°C	

Notas

¹ Propiedades típicas: éstas no deben interpretarse como especificaciones.² 10°C/min

D.5 Acrilonitrilo-butadieno-estireno más policarbonato (ABS-PC)

Bayblend® T45 PG

Acrilonitrilo estireno-butadieno + PC
Bayer MaterialScience LLC



Descripción del Producto

(ABS+PC) blend; unreinforced; general purpose injection molding grade; Vicat/B 120 temperature = 112 °C; for electroplating applications.

General

Estado del Material	• Comercial: Activo
Disponibilidad	• Norteamérica
Características	• Plateable • Uso general
Usos	• Uso general
Clasificaciones de Agencia	• EU 2000/53/EC • EU 2002/96/EC • EU 2003/11/EC
Conformidad con RoHS	• Conforme a RoHS
Método de Procesamiento	• Moldeo por Inyección

Prop. físicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Densidad	1,10 g/cm³	ISO 1183
Caudal volumétrico de fusión (MVR) 260°C/5,0 kg	12,0 cm³/10min	ISO 1133
Contracción de moldeo ²		ISO 2577
Flujo: 260°C, 3,00 mm	0,50 a 0,70 %	
Flujo Transversal: 260°C, 3,00 mm	0,50 a 0,70 %	
Absorción de agua		ISO 62
Saturación, 23°C	0,70 %	
Equilibrio, 23°C, 50% RH	0,20 %	
Prop. mecánicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Módulo de tensión (23°C)	2100 MPa	ISO 527-2/1
Resistencia a la tracción		ISO 527-2/50
Punto de Fluencia, 23°C	49,0 MPa	
Rotura, 23°C	40,0 MPa	
Deformación por tracción		ISO 527-2/50
Punto de Fluencia, 23°C	3,7 %	
Rotura, 23°C	> 50 %	
Impacto	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Resistencia al Impacto Izod con Ranura		ISO 180/A
-30°C	36 kJ/m²	
23°C	40 kJ/m²	
Resistencia al impacto Izod sin entalle		ISO 180
-30°C	Sin rotura	
23°C	Sin rotura	
Prop. térmicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Temperatura de deflexión por calor (HDT)		
0,45 MPa, No recocido	112 °C	ISO 75-2/B
1,8 MPa, No recocido	95,0 °C	ISO 75-2/A
Temperatura de Ablandamiento Vicat		
--	110 °C	ISO 306/B50
--	112 °C	ISO 306/B120
Coefficiente de dilatación térmica lineal (CLTE)		ISO 11359-2
Flujo: 23 a 55°C	0,000085 cm/cm/°C	
Transversal: 23 a 55°C	0,000090 cm/cm/°C	
Prop. eléctricas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Resistividad superficial	1,0E+16 ohm	IEC 60093
Resistividad específica de volumen (23°C)	1,0E+16 ohm-cm	IEC 60093
Resistencia eléctrica (23°C, 1,00 mm)	35 kV/mm	IEC 60243-1

1 de 2

UL and the UL logo are trademarks of UL LLC © 2012. All Rights Reserved.
UL IDES | 800-788-4668 or 307-742-9227 | www.ides.com

La información presentada en este boletín técnico ha sido adquirida por UL IDES del productor del material. UL IDES realiza considerables esfuerzos para garantizar la exactitud de estos datos. No obstante, UL IDES no asume responsabilidad alguna por los valores de los datos y recomienda encarecidamente que los datos del material se confirmen con el proveedor antes de la selección final.

Historial de revisión
Documento creado: miércoles, 05 de septiembre de 2012
Añadido a Prospector: marzo de 2012
Última actualización: 08/03/2012

Bayblend® T45 PG
 Acrilonitrilo estireno-butadieno + PC
 Bayer MaterialScience LLC

miércoles, 05 de septiembre de
 2012

Prop. eléctricas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Permitividad relativa		IEC 60250
23°C, 100 Hz	3,10	
23°C, 1 MHz	3,00	
Factor de disipación		IEC 60250
23°C, 100 Hz	0,0035	
23°C, 1 MHz	0,0085	
Índice comparativo de formación de surcos eléctricos		IEC 60112
Solución A	275 V	
Inflamabilidad	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Ranking de Llama (0,850 mm)	HB	UL 94
Análisis de llenado	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Viscosidad de Fundido (260°C, 1000 sec ⁻¹)	200 Pa·s	ISO 11443-A

Notas

¹ Propiedades típicas: éstas no deben interpretarse como especificaciones.

² 150x105x3 mm, 80°C MT

D.6 Acrilonitrilo-butadieno-estireno (●ABS)

MAGNUM™ 3416 SC

ABS Resin
Styron LLC



Descripción del Producto

MAGNUM 3416SC is a resin with very high heat resistance and excellent processing characteristics. The mass (continuous process) ABS technology of Styron ensures an ABS resin that combines excellent processability with stable light base color that is ideal for self-coloring.

Applications:

- Automotive interior and exterior applications
- Pillar covers
- Dashboard components
- Taillight housings
- Consoles
- Household appliances

General

Estado del Material	• Comercial: Activo
Disponibilidad	• Asia-Pacífico • Europa • Latinoamérica
Aditivo	• Termoeestabilizador
Formas	• Pellets
Método de Procesamiento	• Moldeo por Inyección

Prop. físicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Densidad	1,05 g/cm³	ISO 1183
Densidad aparente	0,65 g/cm³	ISO 60
Velocidad de Fundido (220°C/10,0 kg)	6,5 g/10 min	ISO 1133
Caudal volumétrico de fusión (MVR) 220°C/10,0 kg	6,60 cm³/10min	ISO 1133
Contracción de moldeo	0,40 a 0,70 %	ISO 294-4

Prop. mecánicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Módulo de tensión		ISO 527-2/1
3,20 mm, Moldeado por Inyección	2200 MPa	
Resistencia a la tracción		ISO 527-2/50
Punto de Fluencia, 3,20 mm, Moldeado por Inyección	43,0 MPa	
Deformación por tracción		ISO 527-2/50
Punto de Fluencia, 3,20 mm, Moldeado por Inyección	3,1 %	
Módulo de Flexión ^{2,3}		ISO 178
3,20 mm, Moldeado por Inyección	2200 MPa	
Resistencia a la flexión ^{2,3}		ISO 178
3,20 mm, Moldeado por Inyección	76,0 MPa	

Elastómeros	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Empañamiento	99 %	ISO 6452

Impacto	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Fuerza de Impacto Charpy Notched		
-30°C, Moldeado por Inyección	12 kJ/m²	ISO 179/1eA
-30°C, Moldeado por compresión	8,0 kJ/m²	ISO 179/2
23°C, Moldeado por Inyección	17 kJ/m²	ISO 179/1eA
23°C, Moldeado por compresión	12 kJ/m²	ISO 179/2

Prop. térmicas	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Temperatura de deflexión por calor (HDT)		ISO 75-2/A
1,8 MPa, Acondicionada	108 °C	
Temperatura de Ablandamiento Vicat	108 °C	ISO 306/B50

Inflamabilidad	Valor Típico Unidad	Método de Ensayo
Velocidad de quemado ⁴ (2,00 mm)	55 mm/min	ISO 3795
Ranking de Llama ⁵		UL 94
1,50 mm	HB	
3,00 mm	HB	
Emisión de carbono	10,0 µg/g	VDA 277

1 de 2

UL and the UL logo are trademarks of UL LLC © 2012. All Rights Reserved.
UL IDES | 800-788-4668 or 307-742-0227 | www.ides.com

La información presentada en este boletín técnico ha sido adquirida por UL IDES del productor del material. UL IDES realiza considerables esfuerzos para garantizar la exactitud de estos datos. No obstante, UL IDES no asume responsabilidad alguna por los valores de los datos y recomienda encarecidamente que los datos del material se confirmen con el proveedor antes de la selección final.

Historial de revisión
Documento creado: miércoles, 05 de septiembre de 2012
Añadido a Prospector: junio de 1998
Última actualización: 31/08/2011

MAGNUM™ 3416 SC
ABS Resin
Styron LLC

miércoles, 05 de septiembre de
2012

Notas

¹ Propiedades típicas; éstas no deben interpretarse como especificaciones.

² 2,0 mm/min

³ 3 puntos

⁴ This rating not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.

⁵ Esta tasa no pretende reflejar los riesgos presentados por este o cualquier otro material en condiciones de incendio reales.

2 de 2

UL and the UL logo are trademarks of UL LLC © 2012. All Rights Reserved.
UL IDES | 800-758-4668 or 307-742-0227 | www.ides.com

La información presentada en este boletín técnico ha sido adquirida por UL IDES del productor del material. UL IDES realiza considerables esfuerzos para garantizar la exactitud de estos datos. No obstante, UL IDES no asume responsabilidad alguna por los valores de los datos y recomienda encarecidamente que los datos del material se confirmen con el proveedor antes de la selección final.

Historial de revisión
Documento creado: miércoles, 05 de septiembre de 2012
Añadido a Prospector: junio de 1998
Última actualización: 31/08/2011

D.7 Acrilonitrilo-estireno-acrilato (ASA-PC)

Luran SC KR2861/1C

Acrylonitrile Styrene Acrylate / Polycarbonate (ASA/PC)



Technical Data Sheet

FEATURES

- High heat resistance
- High impact strength

APPLICATIONS

- Automotive mirror housings
- Radiator grills
- Wiper systems

Property, Test Condition	Standard	Unit	Values 2)
Rheological Properties			
Melt Volume Rate 220 °C/10 kg	ISO 1133	cm³/10min	3.5
Mechanical Properties			
Impact Strength, Notched Izod, 4mm bar, 0.25mm Notch Radius, 23 °C	ISO 180	kJ/m²	60
Impact Strength, Notched Izod, 4mm bar, 0.25mm Notch Radius, -30 °C	ISO 180	kJ/m²	15
Charpy Notched, 23° C	ISO 179	kJ/m²	60
Tensile stress at yield, 23° C	ISO 527	MPa	53
Tensile strain at yield, 23° C	ISO 527	%	4.9
Tensile Modulus	ISO 527	MPa	2300
Tensile Creep Modulus (1000h)	ISO 899	MPa	1600
Tensile Creep Modulus (1h)	ISO 899	MPa	2000
Elongation at Break (MD)		%	>50
Flexural Strength	ISO 178	MPa	78
Ball Indentation Hardness	ISO 2039-1	MPa	95
Thermal Properties			
Vicat Softening Temperature VST/B/50	ISO 306	°C	120
Vicat Softening Temperature, VST/A/50 (50°C/h, 50N)	ISO 306	°C	136

Luran SC KR2861/1C

Acrylonitrile Styrene Acrylate / Polycarbonate (ASA/PC)



Property, Test Condition	Standard	Unit	Values ²⁾
Heat Deflection Temperature; (annealed) method Af, 1.8 MPa	ISO 75	°C	106
Heat Deflection Temperature; (annealed) method Bf, 0.45 MPa	ISO 75	°C	125
Linear Mold Shrinkage	ISO 294-4	%	0,3 - 0,7
Coefficient of Linear Thermal Expansion	ISO 11359	10 ⁻⁶ /°C	70 - 90
Thermal conductivity	DIN 52612-1	W/(m K)	0.17
Electrical Properties			
Dielectric Constant (100 Hz)	IEC 60250	-	3.4
Dissipation Factor (100 Hz)	IEC 60250	-	60
Dissipation Factor (1 MHz)	IEC 60250	-	150
Volume Resistivity	IEC 60093	Ohm*m	1E12
Surface Resistivity	IEC 60093	Ohm	1e+013
Other Properties			
Density	ISO 1183	kg/m ³	1150
Water absorption saturated at 23°C	ISO 62	%	0.9
Processing (Melt) Temperature	ISO 294	°C	260 - 300
Mold Temperature	ISO 294	°C	80
Injection velocity	ISO 294	mm/s	200
Drying Temperature		°C	100 - 110
Drying Time		hr	2 - 4

D.8 Poliuretano (PUR)

Elastoflex[®] E-3506/100

Página 3 / 2
Edición 01
Fecha 03.02.2010

Elastogran



Grupo **BASF**

Propiedades Físicas:					
Característica	Unidad	Valor			Norma
		1)	2)	3)	
Densidad interior	kg/m ³	145			DIN EN ISO 845
Resistencia a la tracción	kPa	246	193	150	DIN EN ISO 1798
Alargamiento	%	59	106	52	DIN EN ISO 1798
Compresión al 40%	kPa	46.3	20.9	26.4	DIN EN ISO 3386
Deformación remanente	%	9.9	11.6	9.1	DIN EN ISO 1856

- 1) Condiciones normales
- 2) Envejecimiento humedo DIN 53578, 5 horas a 120 °C, 3 ciclos
- 3) Envejecimiento al calor, 7 días a 140°C

® = Marca registrada de Elastogran

Los datos de este impreso se basan en nuestros conocimientos técnicos y experiencias actuales y sustituyen los datos facilitados en versiones anteriores. No eximen al comprador de nuestros productos de la realización de pruebas y ensayos propios sobre las posibles influencias ocasionadas por el tratamiento y aplicación de los productos adquiridos. Los datos tienen simplemente la finalidad de facilitar información general y no se pueden considerar de ninguna manera como definición de la naturaleza de la mercancía (especificación del producto). Los datos no describen la idoneidad del producto para una aplicación concreta. Los datos sobre la naturaleza y duración, así como el resto de informaciones facilitadas, no representan garantía alguna. El receptor de nuestros productos tiene que observar, bajo su propia responsabilidad, los posibles derechos de protección así como las leyes y disposiciones existentes. Con relación a la disponibilidad de productos, rogamos tomar contacto con nuestra casa o nuestros puntos de venta.

Elastogran S.A.
Calle Verdi 36-38

08191 Rubí

Tel.: +34 (93) 6806100
Fax: +34 (93) 6806200
Mail: info@elastogran.de
Internet: www.elastogran.com

D.9 Folio de PVC espumado

BENECKE-KALIKO AG Entwicklung			Produkt-Spezifikation			BK TL 1236 Seite 1 von 5									
Artikel: PVC-Schaumfolie in Anlehnung an Bauteilspezifikation VW-TL 496 (Juli 2010)															
Einsatz: VW Gruppe Kfz-Innenausstattung															
Nr.	Eigenschaft	Einheit	Anforderungen												
1.	Farbton		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
2.	Dicke		nach Anforderung												
2.1	Gesamt	mm	1,00 ± 0,10	1,00 ± 0,10	1,20 ± 0,10	1,20 ± 0,10	1,30 ± 0,10	1,50 ± 0,10	1,60 ± 0,10	1,80 ± 0,15	2,00 ± 0,15	2,50 ± 0,15	2,50 ± 0,15		
2.2	Dicke Deckschicht	mm	>= 0,15					>= 0,20							
3.	Flächengewicht	g/m²	650 ± 50	750 ± 50	950 ± 50	1000 ± 50	950 ± 50	1000 ± 50	1075 ± 50	1200 ± 75	1200 ± 75	1380 ± 100	1480 ± 100		
3.1	Gesamt														
4.1	Reißkraft siehe Abschnitt 5.2														
4.1.1	Länge	N/5cm	≥ 130				≥ 150				≥ 250				
4.1.2	Breite	N/5cm	≥ 130				≥ 150				≥ 250				
4.2	Reißdehnung														
4.2.1	Länge	%	>= 150												
4.2.2	Breite	%	>= 150												
5.	Verhalten nach Wärmealterung														
5.1	Maßliche Veränderung nach 16 h bei +90 °C Umluft														
5.1.1	Länge	%	≤ 6												

ANEXO E. Caracterización de los paneles puertas en CES Edupack 2012

Product name: Panel de puerta (Anterior-actual)

1. Material, manufacture and end of life

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life	Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Cuerpo Panel	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	1,225	Polymer molding	Downcycle	1	Padding	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	0,069	Polymer molding	Downcycle
1	Cintura (folio)	PVC foam (semi-rigid, db)	Virgin (0%)	0,156		Landfill	1	Tapa altavoz	PE-LD foam (cross-linked)	Virgin (0%)	0,012	Polymer molding	Combust
1	Cintura (substrato)	ABS (medium-impact, inj)	Virgin (0%)	0,251	Polymer molding	Landfill	1	Distancia altavoz	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	0,055	Polymer molding	Downcycle
1	Medallón	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	0,747	Polymer molding	Downcycle	1	Tapa fijación	ABS (injection molding, pl)	Virgin (0%)	0,009	Polymer molding	Recycle
1	Apoyabrazos (substrato)	ABS (injection molding, pl)	Virgin (0%)	0,265	Polymer molding	Landfill	1	Casquillo LED	ASA/PC (unfilled)	Virgin (0%)	0,0006	Polymer molding	Combust
1	Apoyabrazos (folio)	PVC foam (semi-rigid, db)	Virgin (0%)	0,14		Landfill							
1	Apoyabrazos (relleno)	Polyurethane foam (flexib)	Virgin (0%)	0,025	Polymer molding	Landfill							
1	Fondo Bolsa	PP (homopolymer, high fi)	Virgin (0%)	0,401	Polymer molding	Downcycle							
1	Asidero	ABS (injection molding, pl)	Virgin (0%)	0,177	Polymer molding	Recycle							
1	Manecilla	PA (type 6, 30-35% glass)	Virgin (0%)	0,0456	Polymer molding	Reuse							
1	Marco manecilla	ABS/PC (injection molding)	Virgin (0%)	0,018	Polymer molding	Reuse							
1	Tapa manecilla	ABS (injection molding, pl)	Virgin (0%)	0,012	Polymer molding	Reuse							
1	Carcasa manecilla	ABS (injection molding, pl)	Virgin (0%)	0,0624	Polymer molding	Reuse							

2. Transport

Name	Transport type	Distance (km)
Panel puerta montado (Castellbisbal-Martorell)	14 tonne truck	19
Conjunto manecilla + tapa (Vigo-Castellbisbal)	14 tonne truck	41
Piezas panel (Polinyà-Castellbisbal)	14 tonne truck	24

3. Use

Product life: 12 Years

Country electricity mix: Spain

Static mode

☐ Product uses the following energy:

Electric to thermal

0 W

Energy input and output:

0 days per year

Power rating:

0 hours per day

Usage:

0

Mobile mode

☒ Product is part of or carried in a vehicle

Fuel and mobility type: Diesel - family car

Usage: 312 days per year

Distance: 64 km per day

Figura E.1: Panel puerta anterior actual.

Product name: Panel de puerta (Anterior-propuesta)

1. Material, manufacture and end of life

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life	Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Cuerpo panel	SB (stiffness)	Virgin (0%)	1,214	Polymer molding	Combust	1	Padding	PP (homopolymer, clarified)	Virgin (0%)	0,0612	Polymer molding	Combust
1	Cintura (folio)	PVC foam (semi-rigid, do)	Virgin (0%)	0,156	Polymer molding	Landfill	1	Tapa altavoz	PE-LD foam (cross-linked, do)	Virgin (0%)	0,009	Polymer molding	Combust
1	Cintura (substrato)	PP (homopolymer, 20% g	Virgin (0%)	0,251	Polymer molding	Landfill	1	Distancia altavoz	SB (stiffness)	Virgin (0%)	0,0545	Polymer molding	Combust
1	Medallón	PP (homopolymer, clarified)	Virgin (0%)	0,6627	Polymer molding	Combust	1	Tapa fijación	PS (heat resistant)	Virgin (0%)	0,0089	Polymer molding	Recycle
1	Apoyabrazos (substrato)	PS (heat resistant)	Virgin (0%)	0,2625	Polymer molding	Landfill	1	Casquillo LED	ASA/PC (unfilled)	Virgin (0%)	0,0006	Polymer molding	Recycle
1	Apoyabrazos (folio)	PVC foam (semi-rigid, do)	Virgin (0%)	0,14	Polymer molding	Landfill							
1	Apoyabrazos (relleno)	Polyurethane foam (flexib	Virgin (0%)	0,025	Polymer molding	Landfill							
1	Fondo-bolsa	PP (homopolymer, high fi	Virgin (0%)	0,401	Polymer molding	Combust							
1	Asidero	PS (heat resistant)	Virgin (0%)	0,1753	Polymer molding	Recycle							
1	Manecilla	SAN (20% glass fiber)	Virgin (0%)	0,0501	Polymer molding	Reuse							
1	Marco manecilla	ABS/PC (injection molding	Virgin (0%)	0,02	Polymer molding	Reuse							
1	Tapa manecilla	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,012	Polymer molding	Reuse							
1	Carcasa manecilla	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,0704	Polymer molding	Reuse							

2. Transport

Name	Transport type	Distance (km)
Panel puerta montado (Castellbisbal-Martorell)	14 tonne truck	19
Conjunto manecilla + tapa (Vigo-Castellbisbal)	14 tonne truck	41
Piezas panel (Polinyà-Castellbisbal)	14 tonne truck	24

3. Use

Product life: 12 Years

Country electricity mix: Spain

Static mode

☐ Product uses the following energy: Electric to thermal

Energy input and output: 0 W

Power ratings: 0 days per year

Usage: 0 hours per day

Mobile mode

☒ Product is part of or carried in a vehicle

Fuel and mobility type: Diesel - family car

Usage: 312 days per year

Distance: 64 km per day

Figura E.2: Panel puerta anterior propuesta.

Product name: Panel de puerta(Posterior-actual)

1. Material, manufacture and end of life

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Cuerpo-panel	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	0,932	Polymer molding	Recycle	Virgin (0%)	0,036	Polymer molding	Recycle
1	Cintura (substrato)	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	0,382	Polymer molding	Recycle	Virgin (0%)	0,009	Polymer molding	Combust
1	Medallón	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	0,513	Polymer molding	Recycle	Virgin (0%)	0,005	Polymer molding	Reuse
1	Apoyabrazos (substrato)	ABS (injection molding, pl)	Virgin (0%)	0,265	Polymer molding	Landfill	Virgin (0%)	0,033	Polymer molding	Recycle
1	Apoyabrazos (folio)	PVC foam (semi-rigid, do)	Virgin (0%)	0,14	Polymer molding	Landfill	Virgin (0%)	0,011	Polymer molding	Recycle
1	Apoyabrazos (relleno)	Polyurethane foam (flexib	Virgin (0%)	0,025	Polymer molding	Landfill				
1	Fondo-bolsa	PP (homopolymer, high fi	Virgin (0%)	0,294	Polymer molding	Recycle				
1	Asidero	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,116	Polymer molding	Recycle				
1	Manecilla	PA (type 6, 30-35% glass	Virgin (0%)	0,052	Polymer molding	Reuse				
1	Marco manecilla	ABS/PC (injection molding	Virgin (0%)	0,023	Polymer molding	Reuse				
1	Tapa manecilla	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,012	Polymer molding	Reuse				
1	Carcasa manecilla	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,084	Polymer molding	Reuse				
1	Listón lamelunas	PP (copolymer, 20% talc)	Virgin (0%)	0,087	Polymer molding	Recycle				

2. Transport

Name	Transport type	Distance (km)
Panel puerta montado (Castellbisbal-Martorell)	14 tonne truck	19
Conjunto manecilla + tapa (Vigo-Castellbisbal)	14 tonne truck	41
Piezas panel (Polinyà-Castellbisbal)	14 tonne truck	24

3. Use

Product life: 12 Years

Country electricity mix: Spain

Static mode
☐ Product uses the following energy: Electric to thermal
 Energy input and output: 0 W
 Power rating: 0 days per year
 Usage: 0 hours per day

Mobile mode
☒ Product is part of or carried in a vehicle
 Fuel and mobility type: Diesel - family car
 Usage: 312 days per year
 Distance: 64 km per day

Figura E.3: Panel puerta posterior actual.

Product name: Panel de puerta(Posterior-propuesta)

1. Material, manufacture and end of life

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life	Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Cuerpo-panel	SB (stiffness)	Virgin (0%)	0,923	Polymer molding	Combust	1	Listón lamelunas	PP (homopolymer, clarifie	Virgin (0%)	0,077	Polymer molding	Recycle
1	Cintura (substrato)	PP (homopolymer, clarifie	Virgin (0%)	0,339	Polymer molding	Recycle	1	Triángulo posterior	PP (homopolymer, high fi	Virgin (0%)	0,032	Polymer molding	Recycle
1	Medallón	PP (homopolymer, clarifie	Virgin (0%)	0,455	Polymer molding	Combust	1	Tapa altavoz	PE-LD foam (cross-linked,	Virgin (0%)	0,009	Polymer molding	Combust
1	Apoyabrazos (substrato)	PS (heat resistant)	Virgin (0%)	0,262	Polymer molding	Landfill	1	Tapa tweeter	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,005	Polymer molding	Reuse
1	Apoyabrazos (folio)	PVC foam (semi-rigid, clo	Virgin (0%)	0,14	Polymer molding	Landfill	1	Distanciai altavoz	SB (stiffness)	Virgin (0%)	0,033	Polymer molding	Combust
1	Apoyabrazos (relleno)	Polyurethane foam (flexib	Virgin (0%)	0,025	Polymer molding	Landfill	1	Tapa fijación	PS (heat resistant)	Virgin (0%)	0,011	Polymer molding	Recycle
1	Fondo-bolsa	PP (homopolymer, high fi	Virgin (0%)	0,294	Polymer molding	Combust							
1	Asidero	PS (heat resistant)	Virgin (0%)	0,115	Polymer molding	Recycle							
1	Manecilla	SAN (20% glass fiber)	Virgin (0%)	0,05	Polymer molding	Reuse							
1	Marco manecilla	ABS/PC (injection molding	Virgin (0%)	0,023	Polymer molding	Reuse							
1	Tapa manecilla	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,012	Polymer molding	Reuse							
1	Carcasa manecilla	ABS (injection molding, pl	Virgin (0%)	0,084	Polymer molding	Reuse							
1	Listón lamelunas	PP (homopolymer, clarifie	Virgin (0%)	0,077	Polymer molding	Recycle							

2. Transport

Name	Transport type	Distance (km)
Panel puerta montado (Castellbisbal-Martorell)	14 tonne truck	19
Conjunto manecilla + tapa (Vigo-Castellbisbal)	14 tonne truck	41
Piezas panel (Polinyà-Castellbisbal)	14 tonne truck	24

3. Use

Product life: 12 Years

Country electricity mix: Spain

Static mode

☐ Product uses the following energy:

Energy input and output: Electric to thermal

Power rating: 0 W

Usage: 0 days per year

Usage: 0 hours per day

Mobile mode

☒ Product is part of or carried in a vehicle

Fuel and mobility type: Diesel - family car

Usage: 312 days per year

Distance: 64 km per day

Figura E.4: Panel puerta posterior propuesta.

ANEXO F. Datos de cálculo medioambiental de CES Edupack 2012

➤ Tipos de final de vida de las piezas

End of life option	Applicable materials
Landfill	All non-toxic materials
Combust (for energy recovery)	All organic-based materials with a heat of combustion value >5 MJ/kg
Downcycle	All
Recycle	All unfilled: metals / glasses / thermoplastics /TPEs Particulate filled thermoplastics Particulate & whisker reinforced metals (All ceramics / thermosets / elastomers / natural organic / natural inorganic materials and all fiber reinforced materials are marked as non-recyclable)
Re-manufacture	All
Reuse	All
None	All

➤ Transporte

	Transport energy (MJ/tonne/km)	CO ₂ footprint, source (kg/MJ)
Sea freight	0.16	0.071
River / canal freight	0.27	0.071
Rail freight	0.31	0.071
32 tonne truck	0.46	0.071
14 tonne truck	0.85	0.071
Light goods vehicle	1.4	0.071
Air freight - long haul	8.3	0.067
Air freight - short haul	15	0.067
Helicopter - Eurocopter AS 350	50	0.067

Transport Energy = Transport energy per unit mass & distance · Distance · Product mass

Transport CO₂ = Transport energy per unit mass & distance · Distance · Product mass · CO₂ footprint(source)

(*) En el cálculo de transporte el programa coge por defecto la masa total del producto. Es por ello que en el caso de las manecillas se ha introducido modificada la distancia Vigo-Castellbisbal para corregir la diferencia entre la masa total de la puerta (utilizada por el programa) y la masa únicamente de la manecilla (la que se habría de considerar). Con esta corrección se obtiene un valor del producto (distance*mass product) correcto.

➤ Uso

Table 6. Available fuel and mobility types and associated environmental data

Fuel and vehicle type	Energy (MJ/tonne.km)	Energy equivalence, source (MJ/MJ)	CO ₂ footprint, source (kg/MJ)
Diesel - ocean shipping	0.16	1	0.071
Diesel - coastal shipping	0.27	1	0.071
Diesel - rail	0.31	1	0.071
Diesel - heavy goods vehicle	0.90	1	0.071
Diesel - light goods vehicle	1.4	1	0.071
Diesel - family car	1.6	1	0.071
Electric - family car	0.17	Country specific	Country specific
Electric - rail	0.11	Country specific	Country specific
Gasoline - hybrid family car	1.1	1	0.071
Gasoline - family car	2.1	1	0.071
Gasoline - super sports and SUV	4.8	1	0.071
Kerosene - long haul aircraft	8.3	1	0.067
Kerosene - short haul aircraft	15	1	0.067
Kerosene - helicopter (Eurocopter AS 350)	50	1	0.067
LPG - family car	3.9	1	0.058

For further information on the source of this data see the 'transport and use' section of [data sources](#).

These values are combined with the product usage and distance parameters to determine the contribution of the mobile mode:

Mobile use energy (MJ) = Transport energy per unit mass & distance · Life distance · Mass · Energy equivalence

Mobile use CO₂ (kg) = Transport energy per unit mass & distance · Life distance · Mass · CO₂ footprint (source)

where :

Life distance = Product life (years) · Days per year · Distance per day

ANEXO G. Caracterización de los paneles puertas en EuP Ecoprofiler

Caracterización	Indicadores	Resultados	Gráficos		
FLUJO		VALOR	UNIDAD	FAMILIA	MATERIAL / PROCESO
PRODUCTO					
FABRICACIÓN					
Materiales					
	PP	1.761	kg	Plásticos	PP
	Talco	0.335	kg	Plástico (aditivos)	Talco
	ABS	0.856	kg	Plásticos	ABS
	ABS-PC	0.02	kg	Plásticos	PC
	PUR	0.025	kg	Recubrimientos	Epoxy/PUR
	HCPP	0.401	kg	Plásticos	PP
	PVC	0.296	kg	Plásticos	PVC
	PA	0.03612	kg	Plásticos	PA 6
	Fibra de vidrio	0.01548	kg	Plástico (aditivos)	Fibra vidrio
	PE	0.009	kg	Plásticos	HDPE
Procesado					
	Plásticos	3.755	kg	Fabricación	Todas las partes plásticas
	Fundición Fe	0	kg	Fabricación	Fundición Fe/Cu/Zn
	Fundición Al	0	kg	Fabricación	Fundición Al
	Laminado	0	kg	Fabricación	Laminado metales
	Recortes	0	kg	Fabricación	Recortes laminado metales
	Montaje PCB	0	kg	Fabricación	Montaje PCB
DISTRIBUCIÓN					
	EMBALAJE	0	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)
TRANSPORTE					
MAYORISTA					
	Transporte	0.1	m3	Logística	Mayorista (grandes aparatos)
	Mayorista	1	u	Logística	Actividad del mayorista
MINORISTA					
	Transporte	0	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)
	Minorista	0	u	Logística	Actividad del minorista
FINAL DE VIDA					
	VERTEDERO	0.909	kg	Gestión final	Vertedero
VALORIZACIÓN					
Plásticos					
Reutilización					
	ABS	0.082	kg	Reutilización plásticos	ABS
	PA	0.036	kg	Reutilización plásticos	PA 6
	Fibra de vidrio	0.015	kg	Reutilización plásticos	Fibra vidrio
	ABS-PC	0.02	kg	Reutilización plásticos	PC
	Tratamiento	0.153	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)
Reciclado					
	PP	2.497	kg	Reciclado plásticos	PP
	ABS	0.186	kg	Reciclado plásticos	ABS
	Tratamiento	2.683	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)
Energía					
	PE & ASA	0.0096	kg	Recuperación energética plásticos	LDPE
	Incineración	0.0096	kg	Gestión final	Incineración (coste ambiental)

Figura G.1: Panel puerta anterior actual.

Caracterización	Indicadores	Resultados	Gráficos		
FLUJO		VALOR	UNIDAD	FAMILIA	MATERIAL / PROCESO
PRODUCTO					
FABRICACIÓN					
Materiales					
	PP	1.66572	kg	Plásticos	PP
	Talco	0.31728	kg	Plástico (aditivos)	Talco
	ABS	0.484	kg	Plásticos	ABS
	ABS-PC	0.023	kg	Plásticos	PC
	PUR	0.025	kg	Recubrimientos	Epoxy/PUR
	HCPP	0.294	kg	Plásticos	PP
	PVC	0.14	kg	Plásticos	PVC
	PA	0.0364	kg	Plásticos	PA 6
	Fibra de vidrio	0.0156	kg	Plástico (aditivos)	Fibra vidrio
	PE	0.009	kg	Plásticos	HDPE
Procesado					
	Plásticos	3.01	kg	Fabricación	Todas las partes plásticas
	Fundición Fe	0	kg	Fabricación	Fundición Fe/Cu/Zn
	Fundición Al	0	kg	Fabricación	Fundición Al
	Laminado	0	kg	Fabricación	Laminado metales
	Recortes	0	kg	Fabricación	Recortes laminado metales
	Montaje PCB	0	kg	Fabricación	Montaje PCB
DISTRIBUCIÓN					
	EMBALAJE	0	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)
TRANSPORTE					
MAYORISTA					
	Transporte	0.1	m3	Logística	Mayorista (grandes aparatos)
	Mayorista	1	u	Logística	Actividad del mayorista
MINORISTA					
	Transporte	0.1	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)
	Minorista	1	u	Logística	Actividad del minorista
FINAL DE VIDA					
	VERTEDERO	0.43	kg	Gestión final	Vertedero
VALORIZACIÓN					
Plásticos					
Reutilización					
	ABS	0.101	kg	Reutilización plásticos	ABS
	PA	0.0364	kg	Reutilización plásticos	PA 6
	Fibra de vidrio	0.0156	kg	Reutilización plásticos	Fibra vidrio
	ABS-PC	0.023	kg	Reutilización plásticos	PC
	Tratamiento	0.176	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)
Reciclado					
	PP	1.66572	kg	Reciclado plásticos	PP
	ABS	0.127	kg	Reciclado plásticos	ABS
	HCPP	0.294	kg	Reciclado plásticos	PP
	Talco	0.31728	kg	Reciclado plásticos	Talco
	Tratamiento	2.404	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)
Energía					
	PE	0.009	kg	Recuperación energética plásticos	HDPE
	Incineración	0.009	kg	Gestión final	Incineración (coste ambiental)

Figura G.2: Panel puerta posterior actual.

Caracterización	Indicadores	Resultados	Gráficos		
FLUJO		VALOR	UNIDAD	FAMILIA	MATERIAL / PROCESO
PRODUCTO					
FABRICACIÓN					
Materiales					
	PP	0.9824	kg	Plásticos	PP
	SAN	0.04	kg	Plásticos	SAN
	ABS	0.082	kg	Plásticos	ABS
	ABS-PC	0.021	kg	Plásticos	PC
	PUR	0.025	kg	Recubrimientos	Epoxy/PUR
	HCPP	0.401	kg	Plásticos	PP
	PVC	0.296	kg	Plásticos	PVC
	PS	0.446	kg	Plásticos	PS
	Fibra de vidrio	0.0746	kg	Plástico (aditivos)	Fibra vidrio
	PE	0.009	kg	Plásticos	HDPE
	SB	1.267	kg	Plásticos	Seleccione el material/proceso
Procesado					
	Plásticos	3.644	kg	Fabricación	Todas las partes plásticas
	Fundición Fe	0	kg	Fabricación	Fundición Fe/Cu/Zn
	Fundición Al	0	kg	Fabricación	Fundición Al
	Laminado	0	kg	Fabricación	Laminado metales
	Recortes	0	kg	Fabricación	Recortes laminado metales
	Montaje PCB	0	kg	Fabricación	Montaje PCB
DISTRIBUCIÓN					
	EMBALAJE	0	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)
TRANSPORTE					
MAYORISTA					
	Transporte	0.1	m3	Logística	Mayorista (grandes aparatos)
	Mayorista	1	u	Logística	Actividad del mayorista
MINORISTA					
	Transporte	0	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)
	Minorista	0	u	Logística	Actividad del minorista
FINAL DE VIDA					
	VERTEDERO	0.906	kg	Gestión final	Vertedero
VALORIZACIÓN					
Plásticos					
Reutilización					
	ABS	0.082	kg	Reutilización plásticos	ABS
	SAN	0.04	kg	Reutilización plásticos	SAN
	Fibra de vidrio	0.01	kg	Reutilización plásticos	Fibra vidrio
	ABS-PC	0.02	kg	Reutilización plásticos	PC
	Tratamiento	0.152	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)
Reciclado					
	PS	0.184	kg	Reciclado plásticos	PS
	ASA/PC	0.001	kg	Reciclado plásticos	PC
	Tratamiento	0.185	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)
Energía					
	SB	1.267	kg	Recuperación energética plásticos	Fibra aramida
	HCPP	0.401	kg	Recuperación energética plásticos	PP
	PP	0.694	kg	Recuperación energética plásticos	PP
	PE	0.009	kg	Recuperación energética plásticos	HDPE
	Incineración	2.371	kg	Gestión final	Incineración (coste ambiental)

Figura G.3: Panel puerta anterior propuesta.

Caracterización	Indicadores	Resultados	Gráficos		
	FLUJO	VALOR	UNIDAD	FAMILIA	MATERIAL / PROCESO
PRODUCTO					
<input checked="" type="checkbox"/> FABRICACIÓN					
<input checked="" type="checkbox"/> Materiales					
PP	0.871	kg	Plásticos	PP	
SB	0.956	kg	Plástico (aditivos)	Talco	
ABS	0.101	kg	Plásticos	ABS	
ABS-PC	0.023	kg	Plásticos	PC	
PUR	0.025	kg	Recubrimientos	Epoxy/PUR	
HCPP	0.326	kg	Plásticos	PP	
PVC	0.14	kg	Plásticos	PVC	
PA	0.04	kg	Plásticos	PA 6	
Fibra de vidrio	0.01	kg	Plástico (aditivos)	Fibra vidrio	
PE	0.009	kg	Plásticos	HDPE	
PS	0.388	kg	Plásticos	PS	
<input checked="" type="checkbox"/> Procesado					
Plásticos	2.889	kg	Fabricación	Todas las partes plásticas	
Fundición Fe	0	kg	Fabricación	Fundición Fe/Cu/Zn	
Fundición Al	0	kg	Fabricación	Fundición Al	
Laminado	0	kg	Fabricación	Laminado metales	
Recortes	0	kg	Fabricación	Recortes laminado metales	
Montaje PCB	0	kg	Fabricación	Montaje PCB	
<input checked="" type="checkbox"/> DISTRIBUCIÓN					
EMBALAJE	0	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)	
<input checked="" type="checkbox"/> TRANSPORTE					
<input checked="" type="checkbox"/> MAYORISTA					
Transporte	0.1	m3	Logística	Mayorista (grandes aparatos)	
Mayorista	1	u	Logística	Actividad del mayorista	
<input checked="" type="checkbox"/> MINORISTA					
Transporte	0.1	m3	Logística	Embalaje (grandes aparatos)	
Minorista	1	u	Logística	Actividad del minorista	
<input checked="" type="checkbox"/> FINAL DE VIDA					
VERTEDERO	0.427	kg	Gestión final	Vertedero	
<input checked="" type="checkbox"/> VALORIZACIÓN					
<input checked="" type="checkbox"/> Plásticos					
<input checked="" type="checkbox"/> Reutilización					
ABS	0.101	kg	Reutilización plásticos	ABS	
SAN	0.04	kg	Reutilización plásticos	SAN	
Fibra de vidrio	0.01	kg	Reutilización plásticos	Fibra vidrio	
ABS-PC	0.023	kg	Reutilización plásticos	PC	
Tratamiento	0.174	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)	
<input checked="" type="checkbox"/> Reciclado					
PP	0.416	kg	Reciclado plásticos	PP	
PS	0.126	kg	Reciclado plásticos	PS	
HCPP	0.032	kg	Reciclado plásticos	PP	
Tratamiento	0.574	kg	Gestión final	Reciclado/reutilización plásticos (coste ambiental)	
<input checked="" type="checkbox"/> Energía					
SB	0.956	kg	Recuperación energética plásticos	SAN	
PP	0.455	kg	Plásticos	PP	
HCPP	0.294	kg	Plásticos	PP	
PE	0.009	kg	Plásticos	HDPE	
Incineración	1.714	kg	Gestión final	Incineración (coste ambiental)	

Figura G.4: Panel puerta posterior propuesta.

